This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

HARVARD COLLEGE LIBRARY

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900

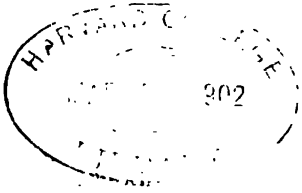
BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

Rue de Louvain, 112

1900

L Soc 45-1.6.5



Minot fund.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 1.

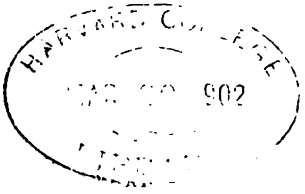
Séance du 6 janvier 1900.

M. W. Spring, directeur sortant, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Lagrange, *directeur* pour l'année 1900; le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Vander Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Pol. Francotte, Fr. Deruyts, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Paul Pelseneer et A. Gravis, *correspondants.*

L Soc 457.6.5



Minot fund.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 1.

Séance du 6 janvier 1900.

M. W. Spring, directeur sortant, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Lagrange, *directeur* pour l'année 1900; le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Vander Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Pol. Francotte, Fr. Deruyts, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Paul Pelseneer et A. Gravis, *correspondants.*

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel donne lecture des lettres de MM. Vanlair, Pelseneer, Gravis, Stokes, Murray, Jordan, Moissan et Maupas, remerciant pour leur élection de membre, de correspondant et d'associé.

— M. le Ministre de l'Agriculture envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des ouvrages suivants :

Monographie agricole de la région de l'Ardenne, 1899;

Diagrammes des variations de niveau observées à l'extrémité de l'estacade d'est du chenal d'entrée au port d'Ostende, 1898. — Remerciements.

— M. Albert Lancaster offre l'*Annuaire* de l'Observatoire royal de Belgique pour 1900. — Remerciements.

— Le Comité d'organisation du Congrès d'histoire des sciences envoie le programme des questions de sa session qui se tiendra à Paris du 23 au 28 juillet 1900.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Sur les moments d'inertie des polygones et des polyèdres. — Méthode géométrique pour la recherche de leur valeur;* par G. Cesàro. — Commissaires : MM. Neuberg, De Tilly et Le Paige;

2° a) *Influence de la température extérieure sur la ther-*

mogenèse chez les animaux à sang chaud; b) *Action physiologique de la respiration d'une atmosphère suroxygénée;* par M. Falloise. — Commissaires : MM. Fredericq et Masius;

3° *Sur une classe de fonctions qui se rattachent aux fonctions de Jacques Bernoulli;* par J. Beaupain. — Commissaires : MM. J. Deruyts, Ch.-J. de la Vallée Poussin et Neuberg;

4° *Mémoire énonçant et démontrant un nouveau principe de mécanique;* par Eug. Ferron. — Commissaires : MM. Fr. Deruyts, De Tilly et Mansion;

5° *Sur l'induction électro-statique;* par le Dr V. Bastin. — Commissaires : MM. Van der Mensbrugghe et De Heen.

ÉLECTIONS.

La Classe procède à l'élection de son directeur pour l'année 1901. Les suffrages se portent sur M. L. Henry. M. Henry remercie, et regrette, malgré son vif désir d'accéder à ce témoignage de confraternité, de ne pas se trouver dans les conditions de santé voulues pour remplir ces fonctions. Il demande, en conséquence, que la Classe procède à un nouveau scrutin.

M. Henry ayant persisté dans sa résolution, malgré l'insistance de la Classe, celle-ci procède à ce nouveau scrutin et M. le lieutenant général De Tilly est élu.

M. Spring, directeur sortant, remercie les membres pour leur sympathique concours qui lui a facilité, dit-il,

la tâche de diriger les travaux de la Classe pendant l'année écoulée; il installe ensuite au fauteuil son successeur M. Lagrange, lequel propose de voter des remerciements à M. Spring pour la manière dont il s'est acquitté de ses fonctions.

M. De Tilly, invité à venir prendre place au bureau, remercie pour l'honneur, dit-il, qui lui est échu pour la seconde fois.

PRIX FONDÉ PAR ÉDOUARD MAILLY

POUR FAVORISER LES PROGRÈS DE L'ASTRONOMIE EN BELGIQUE.

D'après le règlement, un prix de *mille francs* sera décerné tous les quatre ans à l'auteur du meilleur ouvrage imprimé ou manuscrit répondant aux vues du fondateur.

La Classe prend notification de la réception, pour prendre part à la deuxième période de ce concours, close le 31 décembre dernier, de toutes les publications de la Société belge d'astronomie, laquelle a manifesté le désir de concourir.

La Classe désigne comme membres du jury : MM. Brialmont, Lancaster et De Heen.

CONCOURS ANNUEL.

La Classe reporte à son programme de concours pour l'année 1900 la question suivante, non résolue du programme de 1899 :

On demande de nouvelles recherches sur la conductibilité calorifique des liquides et des dissolutions.

RAPPORT.

Sur l'avis favorable de MM. L. Fredericq et Masius, le *Bulletin* comprendra une troisième note sur le *Trace d'un fragment isolé du myocarde,* par le Dr Jules Waroux, préparateur de physiologie à l'Université de Liége.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur un phénomène d'optique atmosphérique observé à Grivegnée, le 20 décembre 1899; par F. Folie, membre de l'Académie.

Le mercredi 20 décembre, j'ai été témoin d'un phénomène optique assez rare, que je n'avais jusqu'ici aperçu qu'une seule fois, il y a une trentaine d'années, en hiver également, vers la même heure, et dont je n'avais pas

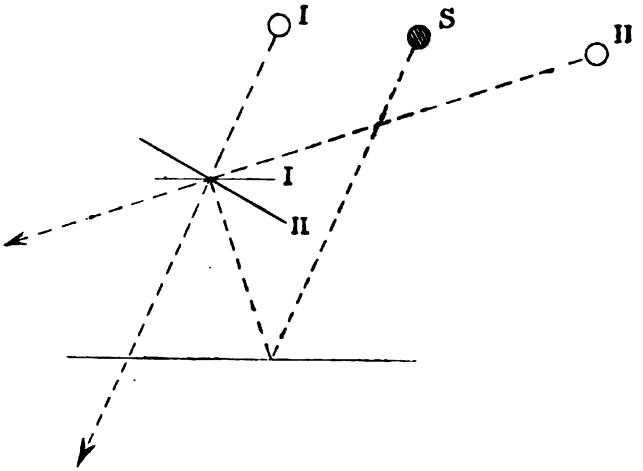
fait mention parce que l'observation ne m'en avait pas paru assez concluante.

Cette fois, le phénomène était bien réel; il a été vu par mes enfants, qui m'ont même annoncé, à plusieurs reprises, sa reproduction, leurs yeux, plus perçants que les miens, pouvant l'apercevoir plus vite; il a duré plus d'une demi-heure, à partir de 9 heures 15 minutes.

Voici en quoi il consiste.

Le soleil se voyait peu brillant à travers des couches de cirrho- et de nimbo-cumulus.

Par intervalles, on apercevait distinctement un second soleil, très pâle, d'un diamètre de 20° environ, à gauche et au-dessus de l'astre; plus rarement, on en voyait encore un troisième, à droite et au-dessous.



Nous pensons que l'explication du phénomène est la suivante :

Les rayons du soleil vont frapper les aiguilles de glace dont est composé le nimbo-cumulus et s'y reflètent; les

rayons réfléchis vont à leur tour frapper celles du cirrho-cumulus et s'y réfléchissent également; si ces rayons doublement réfléchis rencontrent entre les nimbus une trouée par laquelle ils peuvent arriver jusqu'à l'œil, celui-ci percevra l'image doublement réfléchie du soleil.

La position de cette image dépend essentiellement de l'orientation des aiguilles de glace du cirrho-cumulus, comme il est aisé de le constater par l'examen de la figure, dans laquelle les chiffres I et II représentent ces deux images, ainsi que les bandes de cirrho-cumulus qui leur donnent naissance.

Une demi-heure après cette observation a régné un brouillard assez intense, au travers duquel, dans le voisinage du soleil, on pouvait cependant encore apercevoir les bandes de cirrho-cumulus.

Le baromètre était très haut, et la température de l'air de 3° sous zéro.

J'ai cru pouvoir conclure de ce phénomène à des chutes prochaines de neige.

P. S. J'ajoute qu'il n'en est tombé que très peu.

—

Du tracé d'un fragment isolé du myocarde (troisième note); par le Dr Jules Waroux, préparateur de physiologie à l'Université de Liége.

A la suite d'une série d'expériences faites sur le cœur de Chien isolé, mais convenablement nourri par une circulation artificielle, nous avons conclu que les myocardiogrammes obtenus dans ces conditions ont une forme trapézoïde, qui devient colline unique lorsque le cœur ne se trouve plus dans des conditions favorables de nutrition.

W.-T. Porter, dans un but différent du nôtre, ayant réussi à entretenir les battements dans une portion isolée du muscle cardiaque du Chat, nous avons repris ces expériences, parce que nous avons pensé qu'il serait intéressant de vérifier si les tracés que nous pourrions obtenir avec une portion isolée du cœur, confirmeraient les résultats obtenus avec le cœur entier.

Les expériences faites sur ce sujet constituent l'objet de la présente note.

PROCÉDÉ OPÉRATOIRE.

L'appareil qui nous a servi à produire une circulation artificielle dans un morceau de muscle cardiaque, est le même que celui que nous avons employé pour produire la circulation artificielle dans le cœur extrait entier. Nous ne reviendrons pas ici sur sa description qui a été faite dans notre première note (1).

Comme précédemment, nous avons opéré sur des Chiens, et comme sujet d'expérience, nous avons choisi des animaux jeunes, mais d'assez forte taille (10 à 15 kilogrammes) pour nous donner une quantité suffisante de sang.

Nous plaçons une canule dans une carotide, une autre dans la veine jugulaire; la saignée est faite par la première, et par la seconde nous injectons du liquide physiologique (NaCl à 9 ‰), ainsi que nous l'avons déjà exposé. L'animal étant totalement saigné, nous lui enle-

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXXV, n° 2, février 1898.

vons rapidement le plastron sternal ; le cœur nous apparaît animé encore par ses dernières pulsations. Nous sectionnons le péricarde et nous disséquons, au moyen de deux pinces à dissection pointues, l'artère coronaire antérieure, le plus près possible de sa naissance à l'aorte. Le morceau de myocarde que nous extrairons est nourri par cette artère coronaire et constitue la paroi antérieure du ventricule gauche.

Quand la partie supérieure de cette artère est bien isolée des tissus qui l'environnent, nous plaçons une petite pince à artère sous l'endroit où nous voulons pratiquer une boutonnière, puis, celle-ci étant faite, nous introduisons une canule droite proportionnée au volume de l'artère, qui varie d'un cœur à l'autre.

Cette canule est surmontée d'un petit tube en caoutchouc, par lequel on aspire, avant son introduction, du liquide physiologique ou du sang défibriné. Sur le tube en caoutchouc, on place une pince qui empêche l'écoulement du liquide introduit, et c'est la canule ainsi préparée que l'on place dans la coronaire antérieure et qu'on fixe.

Il reste maintenant à découper du cœur le fragment musculaire et à le transporter dans l'appareil. Pour cela, au moyen de ciseaux, on sectionne d'abord le ventricule droit à 1 centimètre environ de l'artère coronaire et vers la pointe, puis on remonte le long de l'artère jusqu'à proximité de l'aorte. Le ventricule droit est ainsi largement ouvert. Par cette ouverture, on sectionne la paroi interventriculaire, puis en descendant vers la pointe, toujours coupant au moyen des ciseaux, et en remontant vers le sillon auriculo-ventriculaire, on taille dans le ventricule gauche un lambeau musculaire qui présente une forme losangique.

L'extrémité supérieure de ce losange correspond à l'aorte dont on laisse subsister l'origine; le bord supérieur droit longe l'artère coronaire, à la partie supérieure de laquelle est engagée la canule et de laquelle partent les branches destinées à nourrir le muscle et qui se dirigent en bas vers le bord inférieur gauche.

Le morceau de myocarde, ainsi préparé de la façon la plus rapide possible, est transporté dans l'appareil. A ce moment, on établit la pression : le sang s'échappe par le tuyau en caoutchouc partant de la partie inférieure du grand flacon qui est terminé par une canule droite.

On introduit le bec de cette canule dans le petit tuyau surmontant la canule de l'artère coronaire, mais on ne l'y fixe pas; on laisse s'écouler latéralement le liquide sanguin qui ramène les bulles qui se trouvaient dans cette partie du tube.

Après un certain temps, on fixe la canule, on enlève la pince placée sur le petit tube de caoutchouc, puis celle qui obstruait l'artère, et le sang pénètre, en vertu de la pression qui lui est communiquée par l'appareil, dans le système nourricier du fragment de myocarde.

Après avoir joué son rôle physiologique, il ressort en suintant le long des surfaces de section.

Nous avons dit que l'on sectionnait le ventricule droit à 1 centimètre de l'artère coronaire; cet espace ne suffit pas pour permettre aux branches naissant de la coronaire antérieure et se dirigeant de ce côté, de se diviser et de n'offrir, à la surface de section du muscle, que des capillaires. De petites artérioles y sont nettement coupées et de grosses branches, à la partie supérieure seulement, laissent, comme les premières, s'écouler le liquide sanguin en pure perte. Pour remédier à cet inconvénient,

on fait de la forcipressure sur les premières, et sur les secondes on place une ligature, et cela avant l'extraction du lambeau, sur le cœur *in situ*, pour la facilité de l'opération.

Généralement, trente secondes environ après le passage du courant sanguin, le muscle commence à exécuter ses pulsations. Les contractions, isolées d'abord, se succèdent plus rapidement et plus régulièrement ensuite. Si les pulsations ne doivent pas se produire, on en est averti par les contractions fibrillaires qui s'emparent du muscle.

RÉSULTATS OBTENUS.

Sur le muscle se contractant de la sorte, nous avons réussi à prendre une série de tracés qui viennent à l'appui de notre manière de voir. Nous avons obtenu ces tracés au moyen du myographe direct et du myographe à transmission. Le premier se compose d'un simple levier myographique horizontal mobile dans un plan vertical, inscrivant la courbe de contraction du muscle sur un cylindre enfumé et tournant. Près de l'extrémité articulée du levier se trouve un crochet, que l'on fixera dans la partie inférieure du muscle, en ayant soin de ne léser aucune branche artérielle importante. La partie supérieure du muscle est fixée, dans une pince mobile, sur une tige verticale, par la base de la portion ascendante de la crosse aortique restée adhérente au lambeau musculaire. Le levier est placé horizontalement en abaissant ou en remontant la pince tenant l'extrémité supérieure du muscle. Il est bon, ensuite, d'attacher un petit poids au levier à l'endroit où se trouve le crochet, pour permettre

au muscle de revenir plus facilement à son état normal après chaque contraction.

Les figures 1 et 2 représentent des tracés obtenus par ce procédé.

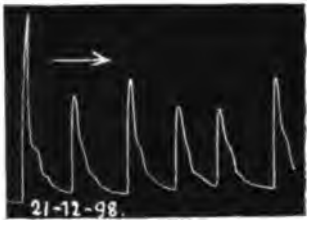


Fig. 1 et 2. — Tracés myocardiques. — Fragment musculaire de cœur de Chien extrait. — Circulation artificielle. — Myographe direct.

Le myographe à transmission, beaucoup plus pratique parce qu'il nous permet d'employer le grand enregistreur de Hering, se compose de deux tambours à levier.

L'un, plus grand, plus résistant, a son levier inscrivant, ordinairement fragile, remplacé par une tige en bois plus solide et dépassant le tambour de 3 à 4 centimètres. A l'extrémité de cette tige se trouve un crochet que l'on fixe comme précédemment dans la partie inférieure du muscle, tandis que l'extrémité supérieure du muscle est fixée également dans une pince. Le muscle, en se contractant, exerce une traction sur la tige qui soulève la membrane du tambour. Les variations de capacité de celui-ci sont transmises, par un tube en caoutchouc, à un second tambour à levier de Marey plus sensible et placé sur l'appareil enregistreur.

Il est nécessaire que la tige du premier tambour dépasse celui-ci d'une façon notable, parce que le bras du levier se trouve ainsi augmenté et que cela empêche

surtout le sang suintant des surfaces de section du muscle, de tomber sur la membrane du tambour, ce qui pourrait vicier le tracé obtenu.

La figure 3 et la ligne inférieure de la figure 4 nous représentent des tracés obtenus de cette façon. Comme ceux représentés dans les figures 1 et 2, les tracés fournis par un fragment de myocarde nourri par une circulation artificielle de sang, présentent un plateau systolique.

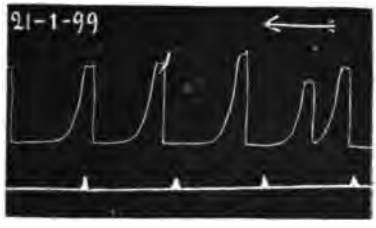


Fig. 3. — Tracé myocardique. — Fragment musculaire de cœur de Chien extrait. — Circulation artificielle. — Myographe à transmission.

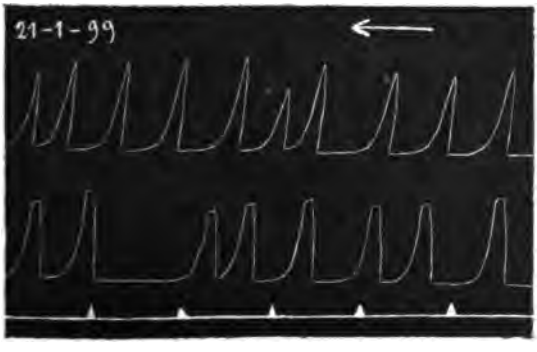


Fig. 4 — Tracés myocardiques. — Fragment musculaire de cœur de Chien extrait. — Circulation artificielle. — Ligne inférieure : tracé normal. — Ligne supérieure : tracé pris à la fin de l'expérience. — Myographe à transmission.

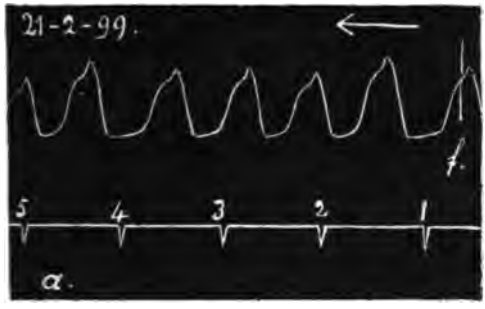
Dès que le muscle se fatigue ou que la circulation s'arrête, le tracé à plateau se transforme en un tracé de secousse simple, comme le montre la ligne supérieure de la figure 4, prise à la fin de l'expérience.

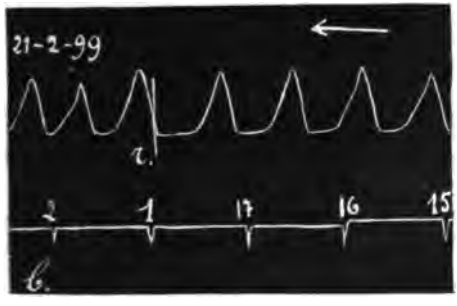
En arrêtant volontairement la circulation (fermeture du tube d'arrivée du sang), nous plaçons le fragment de myocarde dans de mauvaises conditions de nutrition, qui suffisent pour changer la forme du myocardiogramme. Donc en arrêtant et en rétablissant alternativement la circulation dans le fragment musculaire, nous obtenons soit un tracé à colline unique, soit un tracé à plateau systolique. Les figures 5, 6 et 7 nous montrent une de ces expériences d'arrêt et de rétablissement de la circulation.

La figure 6 nous montre que sous l'effet de la suspension de la circulation, le tracé à ondulation s'est transformé 15 secondes après en tracé à une seule colline, et que 28 secondes après le rétablissement de la circulation (fig. 7), il a repris son caractère normal.

Nous avons ensuite placé le morceau de muscle cardiaque dans des conditions défavorables de nutrition, en injectant dans ses artères nourricières du sang veineux (sang empoisonné par CO^2). Sous cette action, on voit également s'opérer les changements de forme du tracé.

Nous avons en outre injecté alternativement du sang artériel et du sang veineux, et nous avons pu voir que le tracé à colline obtenu sous l'action d'une circulation veineuse (25 secondes après son rétablissement dans l'exemple que nous donnons figure 9) reprend son caractère normal 20 secondes après le retour de la circulation artérielle (fig. 10).





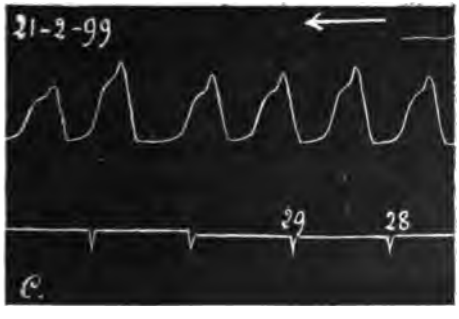
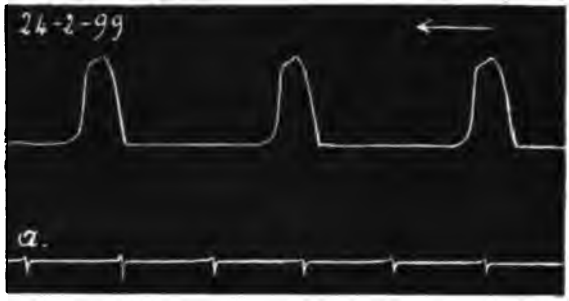
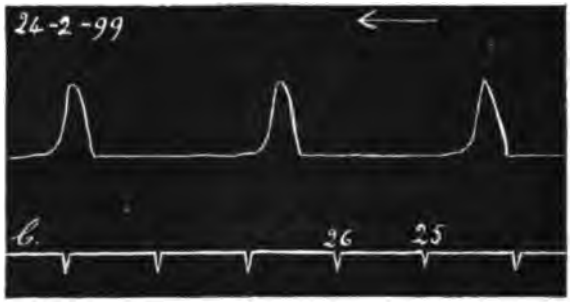


Fig. 5, 6 et 7. — Myocardiogrammes recueillis avant (fig. 5) l'arrêt de la circulation artificielle, pendant cet arrêt (fig. 6, pris 15 secondes après l'occlusion), et (fig. 7) 28 secondes après le rétablissement de la circulation. — Myographe à transmission.





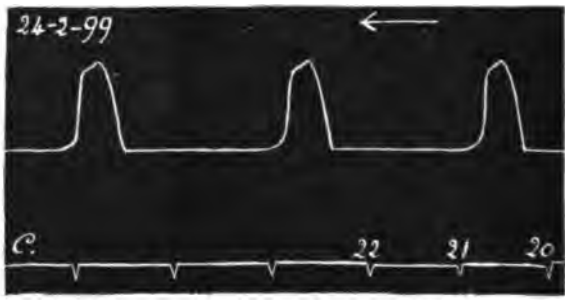


Fig. 8, 9 et 10. — Myocardiogrammes recueillis avant (fig. 8) l'établissement de la circulation veineuse, 25 secondes après son établissement (fig. 9) et 20 secondes après le retour de la circulation artérielle (fig. 10). — Myographe à transmission.

Le procédé employé pour obtenir le sang veineux et la façon dont nous l'injectons dans les coronaires alternativement avec le sang artériel, se trouvent décrits dans une seconde note parue à ce sujet (1).

CONCLUSIONS.

Nous pouvons conclure de ces expériences qu'un fragment musculaire détaché de la paroi ventriculaire et animé par une circulation artificielle présente, comme le cœur entier extrait et vide de sang, se contractant également sous l'influence d'une circulation artificielle, un tracé à forme trapézoïde quand il se trouve, comme lui, dans de bonnes conditions. Si on rend celles-ci défavorables, en arrêtant la circulation artificielle ou en la remplaçant par une circulation veineuse, les cardiogrammes trapézoïdes se transforment en cardiogrammes simples (c'est-à-dire à collines à sommet unique), qui reprennent leurs caractères normaux par le retour des conditions normales.

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXVI, n° 7, juillet 1898.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

—

Lancaster (*Albert*). Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique, 67e année, 1900; in-12.

Meunier (*Fernand*). Note sur les Dolichopodidal de l'ambre tertiaire. — Études de quelques Diptères de l'ambre tertiaire. Paris, 1899 ; extr. in-8° (4 p.).

Van den Bossche (*Léon*) et *De Wildeman* (*Ém.*). Icones selectae horti Thenensis. Iconographie de plantes ayant fleuri dans la collection de M. Van den Bossche avec descriptions et annotations par Émile De Wildeman, tome I, fascicule 2. Bruxelles, 1899; in-8°.

Bruxelles. *Ministère de l'Agriculture*. Monographie agricole de la région de l'Ardenne. 1899.

— Diagrammes des variations de niveau observées à l'extrémité de l'estacade d'est du chenal d'entrée au port d'Ostende, 1898. In-folio.

—

Allemagne et Autriche.

Wurzbourg. *Physikalisch-medizinische Gesellschaft*. Festschrift zur Feier ihres 50. Bestehens, 1899; in-4°.

Vienne. *Von Kuffnersche Sternwarte*. Publikationen, Band V, 1899; in-4°.

—

Christiania. *Meteorologisches Institut*. Jahrbuch, 1898; in-4°.

— *Norske Nordhavs Expedition*, 1876-1878. XXV : Zoologi, Thalamophora (Hans Kiaer). XXVI : Zoologi, Hydroida (K. Bonnevie). 1899 ; 2 vol. in-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 2.

Séance du 3 février 1900.

M. Ch. Lagrange, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. J. De Tilly, *vice-directeur;* le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* A. Jorissen, M. Delacre, Pol. Francotte, Fr. Deruyts, Paul Pelseneer et A. Gravis, *correspondants.*

CORRESPONDANCE.

—

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique adresse une ampliation des arrêtés royaux suivants :

1° En date du 19 janvier, nommant président de l'Académie pour l'année 1900, M. Mesdach de ter Kiele, directeur de la Classe des lettres pour ladite année;

2° En date du 2 du même mois, approuvant l'élection de M. C. Vanlair comme membre titulaire de la Classe des sciences.

MM. Vanlair, Gravis, Moissan, Jordan, Murray et Maupas accusent réception de leur diplôme.

— M. le Ministre de l'Intérieur envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des ouvrages suivants :

Flora Batava, 327e en 328e afleveringen;

Archives de biologie (Éd. Van Beneden et Ch. Van Bambeke), tome XVI, 3e fasc., 1899;

Revue de l'Université de Bruxelles, 5e année, nos 1 à 4, 1899-1900. — Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

Internationale Revue über die gesammten Armeen und Flotten, Revue internationale fondée par Ferd. von Witzleben-Wendelstein, janvier 1900 (présenté au nom de l'auteur par M. le lieutenant général Brialmont);

Le centenaire de l'Institution royale de la Grande-Bretagne; par G. Van der Mensbrugghe;

Notice sur les travaux scientifiques de M. Bernard Renault (supplément), associé de l'Académie;

Revision des diptères fossiles types de Loew conservés au Musée provincial de Koenigsberg; par Fernand Meunier (présenté par M. Malaise, avec une note qui figure ci-après).

M. E. Perrot, secrétaire général de la Commission d'organisation (boulevard Raspail, n° 272) du Congrès international de botanique générale qui se tiendra à Paris du 1er au 10 octobre, à l'occasion de l'Exposition universelle de 1900, exprime le désir de connaître les questions qui pourraient être traitées dans cette assemblée.

Une demande semblable est faite par M. Chauffard (rue de l'École-de-Médecine, n° 21) au nom de la Commission d'organisation du XIIIe Congrès international de médecine qui aura lieu également à Paris du 2 au 9 août 1900.

— M. Prosper Callebaut, à Alost, sollicite le dépôt dans les archives de l'Académie d'un billet cacheté portant la date du 26 janvier 1900 et relatif à un *Nouveau procédé de transformation des matières amylacées.* — Accepté.

— La Classe renvoie à l'examen de MM. Spring et Henry une deuxième communication de M. Ad. Vandenberghe, préparateur à l'Université de Gand, sur l'*Étude de la dissociation des corps dissous.*

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, de la part de M. F. Meunier, une brochure in-4° intitulée : *Revision des diptères fossiles types de Loew conservés au Musée provin*

cial de Koenigsberg. Elle est accompagnée de quatre planches où sont figurés vingt-six spécimens remarquables du succin de l'Oligocène inférieur de la Baltique.

Ce travail, extrait du volume VII, nos 10, 11, 12 (1899), des *Miscellanea Entomologica* de Narbonne, est la justification de l'emploi que M. Meunier a fait du subside qui lui a été accordé par le Gouvernement pour la continuation de ses recherches paléodiptérologiques.

C. Malaise.

PROGRAMME DU CONCOURS POUR 1900.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Faire l'exposé des recherches exécutées sur les phénomènes critiques en physique.

Compléter nos connaissances sur cette question par des recherches nouvelles.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande des recherches nouvelles sur la viscosité des liquides.

TROISIÈME QUESTION.

On demande de compléter, par des recherches nouvelles, l'étude des dérivés carbonés d'un élément dont les combinaisons sont encore peu connues.

QUATRIÈME QUESTION.

Faire, à partir de leurs origines, l'historique des recherches sur la variation des latitudes, et discuter les interprétations qui ont été données de ce phénomène.

CINQUIÈME QUESTION.

On demande une contribution à l'étude algébrique et géométrique des formes n *- linéaires,* n *étant plus grand que* 3.

SIXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur la conductibilite calorifique des liquides et des dissolutions.

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

Établir les limites de l'assise de Comblain-au-Pont et déterminer la place qu'elle doit occuper dans la classification. Est-elle devonienne ou carbonifère?

DEUXIÈME QUESTION.

Faire l'exposé des recherches sur les modifications produites dans les minéraux par la pression et compléter ces recherches par de nouvelles observations.

TROISIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un Platode, en vue de déterminer s'il existe ou non des rapports phylogéniques entre les Platyhelmes et les Entérocœliens.

QUATRIÈME QUESTION.

Existe-t-il un noyau chez les Schizophytes (Schizophycées et Schizomycètes)? Dans l'affirmative, quelle est sa structure et quel est son mode de division?

CINQUIÈME QUESTION.

On demande des recherches sur les plantes devoniennes de Belgique, au point de vue de la description, de la position stratigraphique et, si possible, des caractères anatomiques.

La valeur des médailles d'or attribuées à la solution de chacune de ces questions, est de *six cents francs.*

Les mémoires devront être écrits lisiblement et pourront être rédigés en français ou en flamand. Ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1er août 1900.

L'Académie exige la plus grande exactitude dans les citations; les auteurs auront soin, par conséquent, d'indiquer les éditions et les pages des ouvrages cités. On n'admettra que des planches manuscrites ou photographiques.

Les auteurs ne mettront point leur nom à leur ouvrage : ils y inscriront seulement une devise, qu'ils reproduiront sur un pli cacheté renfermant leur nom et leur adresse; il est défendu de faire usage d'un pseudonyme. Faute de

satisfaire à ces formalités, le prix ne pourra être accordé.

Les mémoires remis après le terme prescrit et ceux dont les auteurs se feront reconnaître, de quelque manière que ce soit, seront exclus du concours.

L'Académie croit devoir rappeler aux concurrents que les mémoires soumis à son jugement sont et restent déposés dans ses archives. Toutefois, les auteurs peuvent en faire prendre copie, à leurs frais, en s'adressant à cet effet au Secrétaire perpétuel.

RAPPORTS.

—

Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De M. Dupont, sur une note préliminaire concernant l'étude d'un poisson abyssal nouveau recueilli par l'Expédition antarctique belge : *Cryodraco antarcticus*, par L. Dollo. — Impression au *Bulletin;*

2° De MM. Van der Mensbrugghe et De Heen, sur une note de M. le Dr V. Bastin, sur l'*Induction électrostatique*. — Renvoi à l'auteur qui est engagé à poursuivre ses recherches et à préciser les conditions exactes dans lesquelles il a opéré avant qu'il soit statué sur l'impression de sa note;

3° De MM. Fredericq et Masius, sur deux mémoires de M. Falloise : a) *Influence de la température extérieure sur les échanges respiratoires chez les animaux à sang chaud et chez l'homme;* b) *Action physiologique de la respiration d'une atmosphère suroxygénée*. — Impression dans les *Mémoires* in-8°.

—

Sur la polarité dans les courbes gauches du quatrième ordre (première espèce) et du troisième ordre; par M. Stuyvaert.

Rapport de M. F. Dewalque, premier commissaire.

« La note présentée par M. Stuyvaert contient, du moins dans la première partie, des résultats connus depuis longtemps, résultats dus à Poncelet, Chasles, Geisenheimer, etc.

Je signalerai pourtant un théorème que je pense inédit : *Le lieu des centres des moyennes harmoniques des points d'intersection des plans d'une gerbe et d'une quartique gauche, relativement aux droites d'intersection des plans de cette gerbe avec un plan fixe, passant par le centre de la gerbe, est une surface cubique réglée à génératrice double.*

La partie la plus intéressante de la note est celle qui se rapporte aux cubiques gauches : outre des résultats connus, l'auteur arrive à des conséquences dignes d'intérêt, mais qu'il n'a pas développées suffisamment. J'en citerai deux exemples :

1° *Les plans d'un faisceau, d'axe* d, *marquent sur une cubique gauche les sommets d'une série de triangles : le lieu des pôles de la droite* d *par rapport à ces triangles est une ligne droite.* Je ferai cependant remarquer que M. Stuyvaert pourrait démontrer ce théorème d'une façon extrêmement facile et courte.

2° *Deux plans, menés par une droite* d, *coupent une cubique gauche en deux séries de trois points* A, B, C; H, I, K : *un plan quelconque du faisceau* (d) *coupe les droites* AH, BI, CK *en trois points* X, Y, Z *et la cubique en* X', Y', Z' : les pôles des deux triangles XYZ et X'Y'Z' *coïncident.*

Ce théorème aurait pu amener M. Stuyvaert à étudier une configuration qui semble intéressante; il suffit de remarquer: 1° que six points A, B, C, H, I, K déterminent une seule cubique gauche, non décomposable; 2° que les six points A, B, C, H, I, K déterminent, par leurs jonctions, quinze droites; 3° que ces quinze droites peuvent être disposées de quinze manières différentes, de façon à former quinze ternes de droites, ne se rencontrant pas deux à deux.

Malgré ces observations, j'ai l'honneur de proposer à la Classe de décider l'impression de la note de M. Stuyvaert dans les *Bulletins* de l'Académie. »

Ces conclusions, auxquelles a souscrit M. Le Paige, sont adoptées par la Classe.

—

Recherches expérimentales sur l'hydrolyse et l'utilisation de la raffinose par le PENICILLIUM GLAUCUM; par H. Gillot.

Rapport de M. L. Errera, premier commissaire.

« J'ai pris connaissance du mémoire de M. Gillot sur le dédoublement et l'utilisation de la raffinose par le *Penicillium glaucum*. Il fait suite, en quelque sorte, à celui du même auteur sur l'*Aspergillus niger* et il mérite, comme celui-ci, d'être accueilli par l'Académie.

Les recherches de M. Gillot paraissent exécutées avec soin et discutées avec critique. Il en résulte que le *Penicillium glaucum*, grâce à une zymase qu'il sécrète, dédouble et utilise la raffinose. Le phénomène s'accomplit le mieux en milieu de culture acide, un peu moins bien en milieu neutre; mais il a nettement lieu même en solution alcaline, ce qui prouve que l'hydrolyse n'est pas

simplement due à des acides. L'auteur a, du reste, précipité la zymase par l'alcool et a contrôlé son action sur la raffinose.

J'ai donc l'honneur de proposer à la Classe l'insertion du mémoire de M. Gillot dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Crépin se rallie à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

Mémoires de géométrie générale analytique; par M. Barbarin, professeur au lycée de Bordeaux.

Rapport de M. P. Mansion, premier commissaire.

« Les mémoires de M. Barbarin ont pour objet, d'abord l'étude, en géométrie non euclidienne, par l'analyse, de la droite, du plan des courbes et des surfaces du second degré ; ensuite la recherche des formules générales donnant, au moyen du calcul intégral, la mesure des longueurs, des aires et des volumes où entrent comme limites des figures soit des lignes courbes, soit des surfaces courbes. Nous allons analyser ces deux mémoires en en signalant les parties qui nous semblent particulièrement dignes d'attention, puis nous indiquerons les modifications à y introduire, selon nous, avant qu'on puisse les publier dans l'un de nos recueils académiques.

I

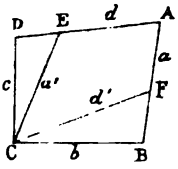
Premier mémoire. *Géométrie plane.* Le premier mémoire débute par une introduction où l'on trouve : 1° un aperçu historique relatif à la géométrie de la sphère; 2° un essai de démonstration du théorème suivant : Dans tous les triangles, la somme des angles est égale, inférieure ou supérieure à deux droits ; 3° une remarque sur l'existence

des horicycles en géométrie lobatchefskienne; 4° enfin un exposé des notations spéciales à l'auteur. Ces notations, destinées à unifier les formules relatives aux trois géométries, sont les suivantes : Cos x, Sin x, Tang x (écrits avec des majuscules) représentent cos x, sin x, tang x en géométrie riemannienne; Chx, Shx, Thx, en géométrie lobatchefskienne; 1, x, x, en géométrie euclidienne.

1. Le chapitre premier, intitulé : *Constructions fondamentales*, débute par des remarques élémentaires sur les unités riemanniennes, sur les polygones réguliers sphériques et sur les unités lobatchefskiennes.

L'auteur étudie ensuite les constructions fondamentales de la géométrie lobatchefskienne d'une manière plus approfondie que Bolyai et M. Gérard, et, semble-t-il, de manière à épuiser la question. Voici un résumé de cette partie de son travail.

Soit ABCD un quadrilatère lobatchefskien rectangle en B, C, D, ayant A pour son angle aigu et pour côtés successifs



$$AB = a, \quad BC = b,$$
$$CD = c, \quad DA = d.$$

Soient E un point situé entre D et A, F un point situé entre A et B, tel que l'on ait

$$a' \text{ ou } CE = a, \quad d' \text{ ou } CF = d.$$

Bolyai a trouvé les relations fondamentales

$$\mathrm{Ch}a = \frac{1}{\sin(d', a)}, \quad \mathrm{Ch}d = \frac{1}{\sin(a', d)},$$

d'où il résulte que les angles (d', a), (a', d) sont les compléments des angles d'asymptotisme correspondant aux longueurs a et d (*).

M. Barbarin démontre les relations analogues, nouvelles, croyons-nous,

$$\mathrm{Ch}b = \frac{1}{\sin(a', b)}, \quad \mathrm{Ch}c = \frac{1}{\sin(d', c)}$$

et bien plus remarquables, car elles prouvent que CE est l'asymptote de AB, CF celle de AD *(premier théorème de Barbarin)* (**). Il prouve ensuite un autre théorème non

---

(*) *Science absolue de l'espace,* n° 34. De propos délibéré, nous employons ici des notations générales qui peuvent être comprises de tout le monde, sans recourir aux notations spéciales de Lobatchefsky, savoir :

$$\Pi(a) = (d', a), \quad \Pi(d) = (a', d), \quad \Pi(b) = (a', b), \quad \Pi(c) = (d', c).$$

De même, nous désignons par le terme d'*asymptote* ce que Lobatchefsky appelle une *parallèle.* L'emploi de ce dernier terme, qui éveille invinciblement l'idée d'une parallèle euclidienne, l'introduction artificielle dans toutes les formules des angles Π de parallélisme lobatchefskien (ce qui provient de ce que Lobatchefsky ne connaît pas la notation riccatienne des fonctions hyperboliques ont rendu très pénible la lecture des écrits du grand géomètre de Kazan. C'est le complément des angles Π qui aurait dû être introduit dans les formules sous le nom d'*angle d'asymptotisme.* Une longueur x et l'angle X d'asymptotisme correspondant sont liés par les formules très simples :

$$\mathrm{Sh}x = \mathrm{tang}\,\mathrm{X}, \quad \mathrm{Th}x = \sin \mathrm{X}, \quad \mathrm{Ch}x \cos \mathrm{X} = 1,$$

bien connues de tous ceux qui se sont occupés des relations entre les fonctions hyperboliques et les fonctions circulaires.

(**) Engel, dans une note de sa traduction de Lobatchefsky (LOBATCHEFSKY, *Zwei geometrische Abhandlungen,* Leipzig, Teubner, 1899, p. 256), donne le premier théorème de Barbarin. Le mémoire de celui-ci a été présenté à l'Académie plus d'un an avant la publication de la traduction d'Engel.

moins important : *Si l'on porte sur* CE, CF *des longueurs égales* CN, CM, *les perpendiculaires en* N*n*, M*m*, *abaissées de* N *sur* CB, *de* M *sur* CD, *se coupent en un point* ω *de la diagonale* CA *(second théorème de Barbarin).*

Il en établit un troisième, savoir que

$$\cos A = \mathrm{Th}DE,$$

et comme évidemment, on a aussi, pour la même raison,

$$\cos A = \mathrm{Th}BF,$$

il en résulte DE = BF.

Au moyen de ses théorèmes et de ceux de Bolyai, M. Barbarin résout sans peine les problèmes fondamentaux suivants : 1. Construire l'asymptote CE de AB par C, ou les angles (a', d), (a', b), (a', c). 2. Construire ABCD, connaissant c et (a', b). 3. Construire b connaissant l'angle (a', b), tel que $\mathrm{Sh}b = \mathrm{Cot}\,(a', b)$. 4. Construire ABCD, connaissant a et c. 5. Construire CFB, si les angles en sont donnés. 6. Construire ABCD, connaissant a et d. 7. Trouver x = AC, d'après la relation $\mathrm{Sh}^2x = \mathrm{Sh}^2a + \mathrm{Sh}^2d$. 8. Construire ABCD connaissant a et A. 9. Construire ABCD, connaissant A et b ou c. 10. Trouver la perpendiculaire commune à deux droites qui ne sont pas asymptotes.

Si, en particulier, $(a', b) = \frac{1}{2}\pi$, on trouve par le problème 3 la valeur u telle que $\mathrm{Sh}u = 1$. Si l'on suppose que dans toutes les formules relatives au quadrilatère trirectangle on remplace tous les sinus hyperboliques par l'unité, on déduira de ce qui précède le moyen de construire x ou y, quand y ou x sont donnés et que l'on suppose entre x et y l'une des deux relations

$$\mathrm{Sh}x = \mathrm{Ch}y, \quad \mathrm{Sh}x\,\mathrm{Ch}y = 1.$$

Il résulte de là que l'on peut introduire dans les formules relatives au quadrilatère trirectangle partout des Sh ou des inverses de Sh, au lieu des Ch, et réciproquement; les constructions possibles avant la substitution seront encore possibles après et inversement. L'auteur expose ensuite une construction approchée de la constante lobatchefskienne, puis étend aux polygones réguliers lobatchefskiens ce qu'il a dit antérieurement sur les polygones réguliers riemanniens.

Le reste du chapitre est consacré à la théorie des coordonnées, de la ligne droite et du cercle en géométrie non euclidienne. M. Barbarin a étendu aux coordonnées obliques ce que M. Gérard a exposé au moyen des coordonnées rectangulaires dans sa belle thèse *Sur la géométrie non euclidienne*. Les formules en coordonnées obliques sont plus générales, mais souvent moins élégantes que les formules en coordonnées rectangulaires.

2. Le second chapitre est consacré à la réduction de l'équation générale du second degré et à la classification des lignes qu'elle représente. Le problème de la réduction ne peut guère différer, analytiquement parlant, de ce que l'on connaît pour la géométrie analytique euclidienne, ou plutôt pour les formes quadratiques ternaires. Mais au point de vue géométrique, la classification des lignes du second degré conduit à des résultats remarquables. En géométrie riemannienne, on ne trouve qu'un genre de courbes, des *ellipses* avec le cercle comme variété. L'espace lobatchefskien est beaucoup plus riche en courbes du second degré. Les courbes à centre réel sont des *ellipses* (réelle, semi-réelle et idéale) et des *hyperboles* (réelle

ou idéale) avec les variétés importantes : *cercle* et *hypercycle* (= équidistante); les courbes dénuées de centre, même à l'infini, sont les *paraboles* (elliptique, véritable, hyperbolique); les courbes à centre situé à l'infini sont les *horiellipses* et les *horihyperboles* appelées par M. Barbarin, horicycles elliptiques et hyperboliques); un cas particulier du premier est l'*horicycle* de Lobatchefsky (appelé horicycle circulaire par M. Barbarin). Quelques-unes de ces courbes peuvent se déduire du cercle et de la droite au moyen de pantographes articulés, comme le montre l'auteur à la fin du chapitre.

3-6. Les quatre chapitres suivants sont intitulés : *Étude particulière de l'ellipse et de l'hyperbole; — Foyers et éléments annexes; — Homographie; — Coordonnées trilinéaires*. Ils ressemblent fatalement beaucoup aux chapitres correspondants d'un traité de géométrie analytique euclidienne, *mutatis mutandis*, bien entendu. Nous signalerons toutefois, dans le dernier, les formules fondamentales relatives aux coordonnées trilinéaires non euclidiennes; puis dans le quatrième ce que l'auteur dit des courbes réciproques. Deux courbes du second degré réciproques sont telles que chacune d'elles est le lieu du centre (réel ou idéal) des tangentes de l'autre. Les propriétés de ces courbes sont une conséquence du principe de dualité, lequel est, pour ainsi dire, évident en géométrie non euclidienne et y donne lieu à une foule d'applications curieuses.

7. Le septième chapitre est l'un des plus intéressants du mémoire. L'auteur y étudie les sections planes d'un cône (ou d'un cylindre) du second degré, en appelant ainsi

celui qui a pour directrice plane une courbe du second degré; il retrouve de cette manière toutes les variétés de courbes du second degré rencontrées dans le deuxième chapitre. Il étend à ces coniques non euclidiennes les théorèmes les plus célèbres relatifs aux coniques euclidiennes et, en particulier, ceux de Dandelin. Il obtient d'une manière plus systématique encore toutes les courbes de second degré riemanniennes, euclidiennes et lobatchefskiennes en coupant le cône du second degré par une sphère concentrique à centre réel à distance finie ou infinie, ou à centre idéal. Si nous ne nous trompons, les résultats exposés dans ce chapitre sont entièrement nouveaux.

8. Il en est autrement de ceux qui sont exposés dans le chapitre : *Éléments infinitésimaux des courbes planes.* Les écrits de Lobatchefsky, Bolyai, Flye de Sainte Marie, Frischauf, De Tilly, Simon, etc., ont, pensons-nous, épuisé la question. Ces géomètres n'emploient pas les mêmes coordonnées que M. Barbarin. Mais depuis la publication de la thèse de M. Gérard, il est facile de transformer les formules anciennes dans celles de M. Barbarin. En outre, les résultats relatifs à la longueur et à l'horicycle peuvent s'obtenir sans recourir à l'emploi de coordonnées proprement dites.

Second mémoire. *Géométrie de l'espace.* **1.** M. Barbarin définit d'abord les coordonnées homogènes dans l'espace à trois dimensions en les déduisant des coordonnées trilinéaires sphériques du point considéré sur la sphère ayant l'origine pour centre. Ces coordonnées homogènes sont une généralisation des coordonnées rectangulaires de Beltrami et de Gérard. Il fait connaître

les formules fondamentales relatives à la transformation et résout les principaux problèmes relatifs à la droite et au plan, aux angles et aux distances. Parmi les résultats obtenus par l'auteur, nous devons signaler l'existence, dans l'espace riemannien, de droites équidistantes, de rectangles et de carrés gauches, et d'une surface-canal de révolution de Clifford dont les génératrices rectilignes coupent tous les méridiens, qui sont des hypercycles (ou équidistantes de l'axe), sous un angle constant.

2. Le chapitre suivant traite d'abord de la génération des surfaces : cônes et cylindres, surfaces de révolution et surfaces-canaux. Parmi les surfaces de révolution, il faut distinguer le tore, qui est coupé suivant deux cercles par tout plan bitangent et toute sphère bitangente. Les surfaces-canaux considérées sont à axe rectiligne; dans l'espace riemannien, les surfaces canaux sont de révolution autour de la droite réciproque de l'axe (deux droites réciproques sont telles que chacune est le lieu des centres des plans passant par l'autre).

L'auteur aborde ensuite la théorie de la courbure des surfaces et en déduit que toutes les surfaces-canaux riemanniennes sont applicables sur l'une d'elles; toutes les surfaces-canaux lobatchefskiennes sont de même applicables sur l'une d'elles, par exemple, sur l'horisphère. La géométrie des géodésiques des surfaces-canaux est identique à la géométrie euclidienne.

La fin du chapitre est consacrée à la recherche des tractrices (ou courbes aux tangentes égales) qui, par leur révolution autour de l'axe, engendrent des pseudosphères de courbure constante. La tractrice riemannienne est une spirale indéfinie, asymptote à l'axe auquel aboutissent

les tangentes; la tractrice lobatchefskienne est aussi asymptote à cet axe, mais n'est coupée qu'une seule fois par les perpendiculaires à cet axe. Les pseudosphères (dont la courbure est nulle, positive ou négative dans l'espace lobatchefskien) sont telles que la géométrie de leurs géodésiques est lobatchefskienne.

Les théorèmes que nous venons de résumer sur la géométrie des géodésiques des surfaces-canaux et des pseudosphères sont nouveaux ou plutôt étaient nouveaux à la date de la présentation du mémoire de M. Barbarin à l'Académie, le 4 décembre 1897 M. Whitehead a trouvé, de son côté, une partie de ces théorèmes (ceux qui se rapportent aux surfaces-canaux) et les a communiqués, le 10 mars 1898, à la Société mathématique de Londres (*Proceedings of the London Mathematical Society*, vol. XXIX, pp. 275-324).

3. Le troisième chapitre est consacré à la théorie générale des quadriques et à la réduction de leur équation générale aux formes les plus simples, ce qui dépend d'une équation en s du quatrième degré. L'auteur discute l'équation en s du $n^{\text{ième}}$ degré, à propos de cette question. Dans l'espace riemannien, l'auteur trouve deux genres principaux : *ellipsoïde* (avec les variétés, ellipsoïde de révolution, canal circulaire, sphère), *hyperboloïde-boyau* (avec les variétés ou cas limites, cône, hyperboloïde de révolution ou canal elliptique, deux plans). L'espace lobatchefskien est beaucoup plus riche en surfaces du second degré. On y trouve d'abord le genre *ellipsoïde* à trois, deux, un ou aucun axe réel ; le *premier hyperboloïde* à une ou deux nappes réelles, ou à une nappe idéale ; le *second hyperboloïde* à deux nappes réelles ou idéales. Les variétés

ou limites de ces trois genres de surfaces sont très nombreuses. On rencontre ensuite des *paraboloïdes* au nombre de trois : *elliptique*, *semi-elliptique*, *hyperbolique* et leurs variétés. Les paraboloïdes ont deux plans principaux, mais pas de centre, tandis que les surfaces précédentes ont un centre et trois plans principaux. Les paraboloïdes coupent la sphère de rayon infini ; à la limite, quand ils sont tangents à cette sphère, ils deviennent des surfaces présentant aussi de nombreuses variétés que M. Barbarin appelle des *horicycloïdes* (*elliptique*, *semi-elliptique*, *hyperbolique*) et que nous préférerions appeler *horiquadriques*. Le chapitre se termine par la démonstration de quelques propriétés simples de l'ellipsoïde, comme spécimen de la théorie d'une quadrique spéciale.

4. Le chapitre suivant est le complément naturel du troisième : l'auteur y étudie les sections rectilignes et circulaires des quadriques à centre ou dénuées de centre, ainsi que leurs lignes ou sphères focales et leurs directrices. Naturellement, les résultats obtenus sont très variés à cause du grand nombre de surfaces différentes à considérer.

5. Le dernier chapitre est intitulé : *Mesure des aires courbes et des volumes*. Il est inutile que nous l'analysions en détail, parce que les théorèmes auxquels l'auteur arrive, et auxquels il donne souvent une forme heureuse, sont contenus explicitement ou implicitement dans les travaux antérieurs de Lobatchefsky et de ses continuateurs.

Trois notes terminent le mémoire : 1° sur la tangente à une courbe ; 2° sur la courbure des surfaces ; 3° enfin sur

la distinction théorique et pratique des trois espaces. Dans la dernière, l'auteur indique un moyen ingénieux pour déduire de l'observation le paramètre de l'espace réel, *supposé assez petit*, pourvu que l'on puisse mesurer des centièmes de seconde.

II

Comme on le voit d'après cette longue analyse, le travail de M. Barbarin est une œuvre intermédiaire entre un traité de géométrie analytique non euclidienne et un mémoire académique contenant des recherches originales.

Comme traité, il est évidemment incomplet et trop peu développé en maints endroits. L'auteur ne traite tout au long que les questions fondamentales; les autres, surtout en géométrie de l'espace, ne sont qu'esquissées ou même sont totalement supprimées. Ainsi, parmi les quadriques, l'ellipsoïde est seul étudié d'une manière détaillée à la fin du troisième chapitre de la seconde partie. Dans un traité complet, les deux chapitres relatifs aux applications du calcul intégral à la métagéométrie devraient aussi être écrits avec plus de rigueur didactique.

Si l'on considère le travail de M. Barbarin comme mémoire académique original, on doit reconnaître qu'il constitue une contribution importante à la géométrie non euclidienne.

Il contient d'abord une étude complète du quadrilatère trirectangle et des constructions fondamentales de la Métagéométrie.

Ensuite, on doit à M. Barbarin ce théorème général remarquable dont on ne connaissait que des cas très par-

ticuliers avant lui : *Dans chacun des trois espaces : euclidien, lobatchefskien, riemannien, il existe des surfaces (sphères, canaux, pseudosphères) dont les géodésiques ont les propriétés métriques des droites des deux autres espaces* (*).

Enfin, et surtout, c'est dans ce travail que l'on trouve pour la première fois, croyons-nous, l'énumération et la classification des coniques et des quadriques non euclidiennes.

Nous proposons à la Classe de voter l'impression, dans le recueil de ses *Mémoires* in-8°, de la partie essentielle de la Géométrie analytique générale de M. Barbarin, c'est-à-dire de celle qui est consacrée aux trois points que nous venons de signaler. Tout ce qui ne s'y rapporte pas directement serait supprimé ; des modifications au point de vue de la forme et de l'arrangement des matières seraient introduites dans ces mémoires, de manière à en rendre la lecture plus facile.

Voici les principales modifications qu'il nous semble désirable de voir introduire dans le mémoire : 1° L'auteur devrait indiquer nettement au début de son travail quelles sont les propositions et les formules relatives à la Géométrie non euclidienne qu'il suppose connues. Il pourrait admettre, par exemple, que ses lecteurs connaissent les *Études géométriques* de Lobatchefsky, ou la *Science absolue de l'espace* de Bolyai, puis la thèse de M. Gérard, *Sur*

(*) Remarquons, en passant, pour aller au-devant de certaines objections de philosophes peu géomètres, que, d'après la *théorie des ensembles*, on peut représenter géométriquement *sur une droite* (ou dans un espace quelconque à plusieurs dimensions) toutes les propriétés d'un espace euclidien ou non, ou même toutes les propriétés (réellement ou symboliquement) *quantitatives* de l'Univers.

la Géométrie non euclidienne; 2° Pour faciliter la lecture de son étude, il serait extrêmement utile qu'il abandonnât ses notations ambiguës Cos x, Sin x, Tang x et qu'il employât les notations de tout le monde Chx, Shx, Thx et cos x, sin x, tang x, qui avertissent automatiquement le lecteur qu'il est en géométrie lobatchefskienne ou en géométrie riemannienne. Cela n'implique pas, comme on pourrait le croire, que tous les calculs doivent être faits deux fois dans tous les cas : on les exécute complètement dans le système de géométrie où ils sont le plus élégants et l'on se contente de donner les résultats, sans démonstration explicite, dans l'autre système, chaque fois que le passage de l'un à l'autre est facile. Nous avons maintes fois employé le mode d'exposition que nous préconisons ici et nous l'avons toujours trouvé très simple et très rapide.

L'ordre à suivre dans le mémoire refondu et condensé nous semble devoir être à peu près celui-ci : I. Les constructions fondamentales. II. Les coordonnées dans le plan et dans l'espace; la droite et le plan. Il faudrait se borner, dans ce chapitre, à ce qui est strictement indispensable pour les chapitres suivants. III. Réduction et classification des lignes du second degré. Les coniques planes et sphériques (les anciens chapitres II et VII du premier mémoire peut-être un peu réduits au point de vue de l'emploi des coordonnées obliques, avec l'indication, si l'on veut, de quelques propriétés des foyers, sans démonstration explicite pour abréger). IV. Réduction et classification des quadriques; sections rectilignes et circulaires (la plus grande partie des anciens chapitres II, III et IV du second mémoire). V. Propriétés des géodésiques des surfaces-canaux et pseudosphériques.

Les chapitres relatifs au calcul intégral seraient supprimés pour les raisons indiquées plus haut; il en serait de même de la plus grande partie des chapitres III à VI du premier mémoire, bien qu'ils renferment maints beaux théorèmes. Mais ces théorèmes sont le plus souvent la généralisation des propositions connues en géométrie euclidienne, et ils ne se trouvent pas sur le chemin qui conduit à la classification des coniques et des quadriques, sujet principal du travail de M. Barbarin. — Il nous semble aussi que l'introduction actuelle du premier mémoire peut disparaître sans inconvénient : la notice historique du début n'est ni assez précise ni assez complète, comme on le voit en la comparant aux travaux analogues qui ont paru ailleurs. La démonstration du théorème relatif à l'existence de trois géométries seulement ne nous semble pas meilleure que celle de Saccheri ou des géomètres non euclidiens modernes. Enfin, l'esquisse des propriétés des horicycles qui se trouve dans l'introduction est insuffisante pour ceux qui ne connaissent pas ces courbes, inutile pour les autres. — On peut en dire autant de la partie du chapitre Ier consacrée aux unités riemanniennes et lobatchefskiennes et aux polygones réguliers.

Nous ne nous dissimulons pas que les remaniements proposés par nous n'entraînent l'auteur à recopier une moitié environ de son travail, afin de lui donner une forme plus achevée et une plus grande unité. Mais nous ne doutons pas que les *Études de géométrie analytique non euclidienne* de M. Barbarin ne gagnent en valeur quand elles seront allégées de tout ce qui distrait maintenant le lecteur de l'objet principal de ce travail, et ne

soient alors très dignes de figurer dans l'un de nos recueils académiques, comme nous le disions plus haut.

Nous proposons donc à la Classe d'en voter l'impression après que les modifications indiquées y auront été introduites, et d'adresser des remerciements et des félicitations à l'auteur qui est parvenu à conduire à bonne fin un travail aussi étendu au milieu des fatigues d'un laborieux professorat. »

Gand, 31 décembre 1899.

Ces conclusions, auxquelles MM. De Tilly et Le Paige se sont ralliés, sont adoptées par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur des termes nouveaux de l'accélération séculaire de la Lune; par F. Folie, membre de l'Académie.

1. J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie une note que j'ai retrouvée dans mes manuscrits, datée de 1887.

Il y a quelques années, je me rappelle en avoir fait une nouvelle rédaction qui a été égarée.

Les nombreuses recherches auxquelles je me suis livré sur les mouvements de l'axe de la Terre m'ont empêché de poursuivre le sujet traité dans cette note, malgré sa nouveauté et son importance.

Je me décide à la publier telle quelle, tout incomplète qu'elle est, afin de signaler ce sujet à l'attention des astronomes géomètres.

2. Dans un des fréquents entretiens que j'avais, il y a quinze ans, avec M. Ronkar (*) sur les nombreuses questions qui se rattachent à la constitution du sphéroïde terrestre, il me demanda si l'on avait tenu compte, dans la théorie de la Lune, de l'influence que les mouvements de l'axe de la Terre doivent exercer sur celui de cet astre.

Cette idée me frappa et m'amena naturellement à penser que l'omission, dans l'étude du mouvement de notre satellite, de l'influence de la précession pourrait avoir eu pour conséquence l'omission de certains termes séculaires dans l'expression de ce mouvement.

En relisant le chapitre dans lequel Laplace étudie l'influence de la non-sphéricité de la Terre sur le mouvement de la Lune, je fus plus frappé encore du passage dans lequel le grand géomètre parle de la *réaction de la nutation de l'axe terrestre* (**), tandis qu'aucun texte n'est relatif à la réaction de la précession.

Il semble donc que celle-ci ait échappé à Laplace, de même qu'à Hanssen, et à tous ceux qui les ont suivis.

3. Afin de pouvoir rechercher, d'une façon élémentaire, l'influence de la précession sur le mouvement de la Lune,

---

(*) Aujourd'hui professeur à l'Université de Liége, auteur de la première théorie du mouvement de rotation de l'écorce terrestre.

La partie essentielle de ce travail, malheureusement inédit, m'a servi à établir les formules de ce mouvement.

(**) *Mécanique céleste,* seconde partie, livre VII, n° 21.

je supposerai le renflement équatorial du globe remplacé par un satellite d'une durée de révolution infiniment courte, se mouvant dans un plan identique à celui de l'équateur et soumis, comme ce dernier, à la précession.

Soient désignés, pour les trois corps respectivement, Lune, Soleil, satellite fictif S'', la masse, le demi-grand axe de l'orbite, l'inclinaison de celle-ci sur l'écliptique fixe, la longitude de son nœud ascendant sur ce dernier plan relativement à l'équinoxe fixe, par les lettres suivantes :

$$☾ : m,\ a,\ i,\ \Omega;$$
$$☉ : m',\ a',\ o;$$
$$S'' : m'',\ a'',\ \theta,\ \psi;$$

les variations de l'inclinaison et du nœud de l'orbite lunaire pourront se représenter par

$$\frac{di}{dt} = [aa''] \operatorname{tg} \theta \sin (\Omega - \psi);$$

$$\frac{d\Omega}{dt} = - \{[aa'] + [aa'']\} + [aa''] \frac{\operatorname{tg}\theta}{\operatorname{tg} i} \cos (\Omega - \psi).$$

On peut faire abstraction du terme constant dans le second membre de la dernière équation, puisqu'il représente la rétrogradation du nœud.

Dans une première approximation, à laquelle nous nous bornons ici, nous considérerons θ comme constant ; en posant $[aa''] \operatorname{tg} \theta = K$, nous aurons donc simplement, pour les variations dues à la précession,

$$\frac{di}{dt} = K \sin \Omega - \psi);$$

$$\frac{d\Omega}{dt} = K \cot i \cos \Omega - \psi)$$

4. L'intégration de la première équation donne, si p_1 désigne la constante de la précession, ω_1 le moyen mouvement du nœud,

$$i = i_m - \frac{K}{\omega_1 + p_1} \cos(\Omega - \psi).$$

L'inclinaison de l'orbite n'est donc sujette, en vertu de la précession, qu'à de faibles variations périodiques, dont nous pourrons faire abstraction avec d'autant plus de raison que l'objet essentiel de notre analyse est de rechercher si la précession ne peut pas produire de termes séculaires dans le mouvement de la Lune.

Posons donc

$$K \cot i = K_1. \text{ constante.}$$

5. L'intégrale de la seconde équation sera

$$l. \frac{1 + \operatorname{tg} \frac{\Omega - \psi}{2}}{1 - \operatorname{tg} \frac{\Omega - \psi}{2}} = C + K_1 t + p_1 \int \frac{dt}{\cos(\Omega + p_1 t)}.$$

Dans cette dernière intégrale, on pourra considérer le mouvement du nœud comme uniforme, et la remplacer par

$$\frac{p_1}{\omega_1 + p_1} l. \frac{1 + \operatorname{tg} \frac{\Omega - \psi}{2}}{1 - \operatorname{tg} \frac{\Omega - \psi}{2}}.$$

On aura donc

$$\frac{\omega_1}{\omega_1 + p_1} l. \frac{1 + \operatorname{tg}\frac{\Omega - \psi}{2}}{1 - \operatorname{tg}\frac{\Omega + \psi}{2}} = C + K_1 t,$$

d'où

$$\frac{1 + \operatorname{tg}\frac{\Omega - \psi}{2}}{1 - \operatorname{tg}\frac{\Omega - \psi}{2}} = e^{C + K_2 t},$$

en faisant

$$K_1 \frac{\omega_1 + p_1}{\omega_1} = K_2,$$

ou, en supposant

$$\Omega - \psi = 0 \text{ pour } t = 0 :$$

$$\frac{1 + \operatorname{tg}\frac{\Omega - \psi}{2}}{1 - \operatorname{tg}\frac{\Omega - \psi}{2}} = e^{K_2 t}.$$

Posons

$$e^{K_2 t} = \operatorname{tg}(45^\circ + \tau) = \frac{1 + \operatorname{tg}\tau}{1 - \operatorname{tg}\tau},$$

il s'ensuivra

$$\Omega - \psi = 2\tau = -\frac{\pi}{2} + 2 \operatorname{arc\,tg} e^{K_2 t}.$$

Soit

$$\operatorname{arc\,tg} e^{K_2 t} = \frac{\pi}{4} + K_2 t + K_3 t^2 + K_4 t^3 \ldots;$$

dérivant :

$$\frac{K_2}{1 + e^{2K_2 t}} = K_2 + 2K_3 t + 3K_4 t^2 + \ldots;$$

d'où

$$K_2 = (K_2 + 2K_3 t + 3K_4 t^2 + \cdots)\ (1 + 2K_2 t + 2K_2^2 t^2 + \cdots),$$

ou

$$0 = 2(K_2^2 + K_3)t + (3K_4 + 2K_2^3 + 4K_2 K_3)t^2 + \cdots;$$

d'où

$$K_3 = -K_2^2;\ K_4 = \frac{2}{3}K_2^3.$$

et

$$\text{arc tg}\, e^{K_2 t} = \frac{\pi}{4} + K_2 t - K_2^2 t^2 + \frac{2}{3}K_2^3 t^3 + \cdots;$$

puis

$$\Omega - \phi = 2K_2 t - 2K_2^2 t^2 + \frac{4}{3}K_2^3 t^3 + \cdots$$

Comme

$$K_2 = K_1 \frac{\omega_1 + p_1}{\omega_1},$$

les termes indépendants de p_1 rentreront dans la partie du mouvement du nœud qui est indépendante de la précession; les autres exprimeront la variation séculaire de ce mouvement, qui est la *réaction de la précession*.

6. Nous n'en aborderons pas ici le calcul numérique, parce que les résultats pourraient en être sensiblement modifiés par l'introduction de la variation séculaire de l'obliquité, que nous avons considérée comme constante dans cette première note.

Nous espérons pouvoir revenir prochainement sur ce sujet.

—

Recherches sur les dérivés monocarbonés ; par Louis Henry, membre de l'Académie.

§ XIII. — *Sur quelques réactions du méthanal.*

Ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de le dire (*), la chimie organique fondamentale se constitue à mon sens pour une grande part de l'étude des composés monocarbonés. Malheureusement, quand on essaie d'en développer les principes d'une manière méthodique en se maintenant dans ce groupe, on constate bien vite combien les lacunes y sont nombreuses et surtout combien il reste à réaliser de réactions pour établir, au point de vue expérimental, les transformations réciproques des représentants des diverses fonctions.

J'ai l'avantage de pouvoir faire connaître aujourd'hui quelques réactions nouvelles d'un composé, important à tous égards parmi les monocarbonides, le *méthanal* $CH_2 = O$.

On sait avec quelle facilité, quelle énergie même, divers chlorures négatifs réagissent sur les *aldéhydes*, et notamment sur l'aldéhyde polycarbonée *par excellence*, l'*aldéhyde acétique* $CH_3 - CHO$ et son polymère, la paraldéhyde $(CH_3 - CHO)_3$. On n'a pas encore essayé, que je

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XIX, p. 348 (année 1890).

sache, les mêmes réactifs, tels que PCl_5, PBr_5, CH_3, $-COCl$, etc., sur le *méthanal* $H_2C=O$. J'ai réussi à combler cette lacune. Je n'ai pas opéré à la vérité avec le *méthanal* lui-même $H_2C=O$, que je n'ai pas eu à ma disposition, et qu'il est si difficile, sinon de produire, du moins de conserver et de manipuler, à cause de son extrême volatilité et de son énergique tendance à se polymériser. Je me suis servi exclusivement de son polymère, le *poly-oxy-méthylène* $(H_2C=O)_n$, dont MM. Mercklin et Lösekann ont fait, après les belles recherches de M. Tollens, un produit commercial.

Etant donné le dégagement de chaleur énorme qui accompagne la formation de ce polymère

$$\underset{\text{Gaz.}}{n\,CH_2=O} = \underset{\text{Solide.}}{n\,(CH_2=O)} + n\,15\,c\,,$$

on peut affirmer, d'après les faits constatés avec ce corps et ceux que fournissent l'aldéhyde et le para-aldéhyde acétique, que la réaction du méthanal lui-même avec les chlorures négatifs doit être d'une grande violence.

Action de PCl_5.

On emploie les deux corps $PCl_5 + (CH_2=O)_n$ en quantités équimoléculaires. La réaction se déclare après quelques instants, dès la température ordinaire, et s'accompagne, en se continuant, d'un notable échauffement. La masse solide du mélange des deux corps se liquéfie. On le traite prudemment par de l'eau froide pour détruire l'oxy-chlorure $OPCl_3$ formé. Tout reste en dissolution.

En portant à ébullition pendant quelques instants cette liqueur acide, on recueille, en même temps que de l'eau, une certaine quantité d'un liquide insoluble dans l'eau et plus dense qu'elle, fort volatil. Son point d'ébullition 42°, joint à l'ensemble de ses autres propriétés, ne laisse aucun doute sur la nature de ce composé : c'est du bichlorure de méthylène $CH_2 = Cl_2$.

Je tiens à dire que le rendement de cette opération n'est que fort médiocrement satisfaisant.

J'ai constaté que les chlorures négatifs en général s'ajoutent à l'oxyde de méthylène pour fournir des éthers méthyliques monochlorés. Il en est ainsi de $POCl_3$. Peut-être faut-il attribuer à cette circonstance le rendement désavantageux de cette opération ; $POCl_3$ réagissant sur 5 $CH_2 = O$, le quart du méthanal subirait, si cette supposition est exacte, l'action de PCl_5 lui-même.

Action de PBr_5.

Au lieu du pentabromure lui-même, je me suis servi du chloro-bromure $PCl_3\ Br_2$, qui en est l'équivalent fonctionnel, c'est-à-dire du mélange en quantités équimoléculaires de PCl_3 et Br_2 sec.

La réaction de ce composé, quoique en pleine dissociation dès la température ordinaire, est fort énergique sur le *poly-oxy-méthylène*, qui y disparaît rapidement. Il se forme un liquide brunâtre que l'on agite avec de l'eau froide pour détruire l'oxy-chlorure de phosphore. Soumise à la distillation, la liqueur acide fournit abondamment, en même temps que de l'eau, du *bromure de méthylène*,

composé que j'ai examiné précédemment (*), si bien caractérisé par son point d'ébullition 98° dans les conditions ordinaires.

Le rendement de l'opération, sans approcher de l'intégralité, est satisfaisant et représente environ 50 % du rendement théorique.

Le bromure de méthylène s'obtient, ainsi que l'a indiqué d'abord Butlerow, par la réaction du brome sur l'iodure correspondant CH_2I_2. Celui-ci peut s'obtenir, comme je l'ai fait voir précédemment (**), par la réaction du chlorure méthylénique $H_2C - Cl_2$ sur l'iodure sodique dissous dans l'alcool en vase clos. La réaction du bromochlorure de phosphore sur le poly-oxy-méthylène me paraît préférable pour obtenir CH_2Br_2, en ce sens qu'elle est plus expéditive et que les ingrédients dont on y fait usage sont tous des produits commerciaux. Je la regarde comme le véritable mode de préparation de CH_2Br_2, que l'on obtient ainsi absolument libre de composé iodé.

Cette réaction, de même que celle de PCl_5, a été réalisée d'une autre manière, plus simple à certain point de vue. Dans un ballon en rapport avec un appareil à reflux en spirale, on introduit le mélange équimoléculaire de chlorure de phosphore PCl_3 et de $(CH_2 = O)_n$, et l'on y fait arriver petit à petit soit du chlore, soit du brome. La réaction se déclare d'elle-même très vivement et se poursuit ainsi jusqu'à la fin. On opère ultérieurement comme il a été indiqué plus haut.

(*) Voir *Annales de chimie et de physique*, t. XXX (5), année 1883.

(**) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XIX, p. 349 (année 1890).

Action du chlorure d'acétyle $CH_3 - C < {O \atop Cl}$.

Le chlorure d'acétyle réagit aisément sur le *polyoxyde de méthylène* $(H_2C = O)_n$; il s'ajoute intégralement au *méthanal* $H_2C = O$ en produisant du *chloro-acétate de méthylène*, ou *acétate de méthyle monochloré* $ClCH_2 - O - (CO - CH_3)$.

On emploie les deux corps $(H_2C = O)_n$ et $C_2H_3O - Cl$ en quantités équimoléculaires, et on les enferme dans un matras de Wurtz, scellé à la lampe, que l'on chauffe dans l'eau.

La réaction paraît s'établir dès la température ordinaire, comme le constate l'échauffement qui se produit et se maintient. Après quelques heures de chauffe, la désagrégation du polyoxyde $(H_2C = O)_n$ est complète et le tout est transformé en un liquide parfaitement homogène, clair et limpide.

A la distillation, la plus grande partie du produit passe entre 100° et 125°. On en retire aisément par quelques rectifications le produit pur, bouillant, comme je l'ai indiqué, à 115° dans les conditions ordinaires de pression.

Je n'ai pas besoin de dire que le rendement de l'opération, sans être intégral, est considérable, environ 80°. Peut-être qu'en prolongeant le temps de chauffe, il s'élèverait encore. A la première distillation, il passe quelque peu de chlorure d'acétyle au commencement et du polyoxyméthylène à la fin, qui se condense dans le tube réfrigérant. En redistillant ensemble les premières et les

dernières portions, on recueille encore une certaine quantité de chloro-acétate de méthylène.

Quoi qu'il en soit, la réaction du chlorure d'acétyle sur le méthanal polymérisé dans les conditions indiquées, constitue une méthode aussi expéditive qu'avantageuse pour obtenir le *chloro-acétate de méthylène* $H_2C < {Cl \atop C_2H_3O_2}$ qui ne manquera point de devenir prochainement un produit commercial.

Je rappellerai à cette occasion que j'ai décrit ce composé en 1873 (*). Je l'avais obtenu par l'action directe du chlore sur l'acétate de méthyle, à la lumière du soleil. Cette méthode est moins profitable sans doute, sous divers rapports, que celle que je viens de faire connaître, mais elle est plus intéressante dans son mécanisme à certains égards. L'*acétate de méthyle* $CH_3 - CO - O - CH_3$ renferme deux groupements *méthyle* $- CH_3$, diversement situés dans la molécule par rapport à l'oxygène. On voit que l'action substituante du chlore se porte exclusivement sur celui de ces groupements qui est le plus directement soumis à l'influence modificatrice de l'oxygène.

J'ajouterai encore que le chlore lui-même peut être avantageusement remplacé vis-à-vis de l'acétate de méthyle par le chlorure de sulfuryle $O_2S - Cl_2$, qui est, comme on sait, un agent énergique de chloruration dans certaines conditions. Pendant l'été, à la lumière directe du soleil, l'action du chlorure de sulfuryle sur l'acétate de méthyle est, comme l'a constaté un de mes élèves, M. Van

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XXXV, p. 717.

Reymenant, fort énergique. On le fait arriver petit à petit à la température ordinaire dans l'acétate de méthyle refroidi, car la réaction s'accompagne d'un dégagement de chaleur appréciable. Il se dégage abondamment du gaz acide chlorhydrique. La purification du produit est aisée ; la distillation y suffit.

Action du bromure d'acétyle $CH_3 - C < {O \atop Br}$.

On constate que l'acide bromhydrique gazeux réagit aisément sur le polyoxyde de méthylène $(H_2C = O)_n$, dès la température ordinaire, en le transformant en oxybromure de méthylène $BrCH_2 - O - CH_2Br$ (*). Il n'en est pas de même de l'acide chlorhydrique HCl.

Cela étant, il était à prévoir que le *bromure d'acétyle* réagirait plus aisément encore que le *chlorure* $CH_3 - COCl$ sur ce composé. Cette prévision a été confirmée par l'expérience. On prend des quantités équimoléculaires de bromure acétique et de polyoxyde de méthylène $(H_2C = O)_n$.

La réaction commence dès la température ordinaire avec un notable échauffement; une partie de l'oxyde disparaît. Pour la compléter, on a chauffé pendant environ une heure et demie le mélange dans une ampoule scellée au bain d'eau. Le liquide a été distillé sous une pression de 70 millimètres. La presque totalité a passé de 65° à 75° ; une portion a passé de 75° à 80°. Sous la pression

(*) Voir ma notice : *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXVI, p. 619 (année 1893).

ordinaire, il commence à passer vers 100°; presque tout passe entre 125° et 130°, où la distillation est finie. Dans ces conditions, il se dégage quelque peu d'oxyde de méthylène polymérisé.

L'analyse du produit, redistillé une seconde fois sous pression réduite, et bouillant à 70° sous la pression de 70 millimètres, a fourni les résultats suivants :

	Substance.	AgBr.	Br °/₀ calculé.	
I. . .	0gr,2098	0gr,2570	52.12	52.22.
II. . .	0gr,3940	0gr,4826	52.23	

Le *bromo-acétate de méthylène* $H_2C < \begin{matrix} Br \\ O - CO - CH_3 \end{matrix}$ constitue un liquide incolore, d'une odeur piquante. Sa densité à 12° est égale à 1.6560.

Il est insoluble dans l'eau au fond de laquelle il tombe; avec le temps, il y disparaît, en se transformant en acides acétique et bromhydrique et en méthanal.

Il bout sous la pression de 70 millimètres à 70°, et vers 130° sous la pression de 746 millimètres.

C'est le point d'ébullition que lui assigne l'analogie.

$ClCH_2 - CO - O - CH_3$	Éb. 128°-130°	15° environ.
$CH_3 - CO - O - CH_2Cl$	115°	
$BrCH_2 - CO - O - CH_3$	Éb. 144°	15° environ.
$CH_3 - CO - O - CH_2Br$	128°-130°	

§ I. — *Action du chlore et du brome.*

Le chlore, comme tel, réagit vivement sur l'acétone méthyl-éthylique, surtout sous l'action de la lumière. On s'est arrêté aux *dérivés monochlorés* C_4H_7ClO.

Ceux-ci sont au nombre de deux :

a) Un dérivé *primaire* $CH_2Cl - CO - CH_2 - CH_3$;

b) Un dérivé *secondaire* $CH_3 - CO - CHCl - CH_3$.

Ce sont des liquides incolores, d'une odeur piquante, insolubles dans l'eau et plus denses qu'elle.

Le dérivé *primaire* $- CH_2Cl$ bout à 124°-125°, le dérivé *secondaire* $> CHCl$ à 114°-115°, sous la pression ordinaire.

La position du chlore dans ces composés est déterminée par la nature des produits d'oxydation qu'ils fournissent avec l'acide azotique; le dérivé *primaire* $- CH_2Cl$ donne de l'acide *monochloro-acétique* $CH_2Cl - CO(OH)$ et le dérivé *secondaire* de l'acide *α chloro-propionique* $CH_3 - CHCl - CO(OH)$.

On n'a pas rencontré dans les produits de cette chloruration le second des dérivés primaires possibles $CH_3 - CO - CH_2 - CH_2Cl$.

On voit par là que l'action substituante du chlore se localise aux abords du groupement $> CO$. Je dois ajouter que cette action se porte de préférence sur le chaînon $> CH_2$; le dérivé secondaire $> CHCl$ forme en effet les *deux tiers* de l'acétone monochlorée C_4H_7ClO.

On jugera sans doute que ce résultat général ne manque pas d'intérêt.

Le *chlorure de sulfuryle* SO_2Cl_2, à l'aide duquel il est possible de déterminer si aisément la quantité du chlore réagissant, se comporte vis-à-vis de l'acétone méthyl-éthylique comme le chlore lui-même; à la lumière directe du soleil, son action est assez énergique pour qu'il faille refroidir et ne l'introduire que petit à petit.

La réaction du brome libre sur l'acétone méthyl-éthylique est d'une grande vivacité. Elle fournit aussi deux dérivés *monobromés* $C_4H_7BrO_2$, correspondant aux dérivés monochlorés. Ce sont des liquides incolores, d'une odeur très piquante, insupportables à manier, bouillant chacun à 20° environ au-dessus du dérivé chloré de même constitution.

§ II. — *Alcools acétoniques* $C_4H_7(OH)O$.

Dans les dérivés de substitution, les corps halogènes manifestent une grande aptitude réactionnelle vis-à-vis des composés hydrogénés et métalliques.

Chauffés dans un appareil à reflux avec de l'acétate potassique dans l'alcool, les dérivés *monochlorés* fournissent les *acétates correspondants*.

$CH_2(C_2H_3O_2) - CO - CH_2 - CH_3$ Éb. 176°

$CH_3 - CO - CH(C_2H_3O_2) - CH_3$ Éb. 164°

Ce sont des liquides incolores, d'une agréable odeur.

Leur saponification par les alcalis libres, de même que la réaction des dérivés monochlorés sur l'eau seule ou

en présence des alcalis libres ou carbonatés, fournit les deux *alcools acétoniques primaire* et *secondaire :*

Propionyl-carbinol $CH_2(OH)-CO-CH_2-CH_3$. Éb. 160°.

Méthyl-acétyl-carbinol $CH_3-CH(OH)-CO-CH_3$. Éb. 148°.

Ce sont des liquides incolores, d'une agréable odeur, plus denses que l'eau et solubles dans celle-ci, d'où le carbonate bipotassique les fait sortir.

§ III. — *Nitriles acétoniques.*

Aux deux dérivés monochlorés C_4H_7ClO correspondent des dérivés cyanés $C_4H_7(CN)O$ ou *nitriles acétoniques*, à savoir :

a) $CN-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CO-CH_3$ ou *nitrile propionique α acétylé;*

b) $CN-CH_2-CO-CH_2-CH_3$ ou *aceto-nitrile propionique (propionyl-acéto-nitrile).*

Ces produits s'obtiennent sans difficulté par la réaction des dérivés monochlorés sur le cyanure de potassium en *solution aqueuse* concentrée à froid. La réaction est vive et le rendement avantageux.

On sait combien la réaction du cyanure potassique sur l'*acétone biméthylique* $CH_2Cl-CO-CH_3$ est compliquée et l'impossibilité d'arriver par cette voie à la *cyanacétone* $CN-CH_2-CO-CH_3$.

Il est bien remarquable qu'à l'étage C_4 la réaction du cyanure de potassium sur l'acétone monochlorée soit non seulement aussi aisée, mais relativement aussi nette.

Le nitrile *propionique α acétylé* $CN - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CO - CH_3$, qui a été spécialement examiné, est un liquide incolore, d'une odeur spéciale, insoluble dans l'eau, bouillant sous la pression ordinaire à 145°-146°.

L'hydrogène du groupement $-\overset{|}{\underset{|}{C}}H$ enclavé entre les composants $-CN$ et $>CO$ comme dans le cyano-acétate d'éthyle $NC - CH_2 - CO(OC_2H_5)$ est basique et facilement remplaçable par les métaux, notamment par le sodium. Son dérivé *monosodé* $CN - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CNa} - CO - CH_3$ se prête à de nombreuses réactions synthétiques. L'iodure de méthyle le transforme en *diméthyl-acétyl-acétonitrile*

$$CN - \overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}} - CO - CH_3 \qquad \text{Éb. } 163°\text{-}164°.$$

Ce dérivé sodé, sous l'action du chlore, de même que le nitrile comme tel sous l'action de SO_2Cl_2 et plus aisément, fournit le dérivé *monochloré* $CN - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CCl} - CO - CH_3$, liquide légèrement jaunâtre, d'une odeur excessivement piquante, bouillant à 95° sous la pression de 45 millimètres. Celui-ci fournit à son tour avec le cyanure de potassium un *dinitrile acétonique* $\begin{matrix} CN \\ CN \end{matrix} > C < \begin{matrix} CH_3 \\ CO\text{-}CH_3 \end{matrix}$ ou le *malonitrile méthyl-acétylé,* éb. 122° sous la pression de 30 millimètres.

L'*acétonitrile propionique* $CN - CH_2 - CO - CH_2 - CH_3$ est analogue en tous points à son isomère, mais est moins volatile; sous la pression ordinaire, ce composé bout à 164°-165°.

Le chaînon $>CH_2$ enclavé entre les composants - CN et $>CO$ jouit également du pouvoir basique et son hydrogène est aisément déplaçable par des métaux; étant bihydrogéné, il est bibasique comme celui du *malonate cyano-acétate d'éthyle.*

Tous ces dérivés cyanés se transforment aisément en acides sous l'action des acides tels que HCl en présence de l'eau.

On voit par là combien sont nombreux les dérivés auxquels peuvent donner lieu ces nitriles acétoniques soit par des réactions substitutives, soit par des réactions synthétiques.

Une dernière remarque. Ces *nitriles acétoniques* sont respectivement isomères avec les *cyanures de butyryle* et *d'isobutyryle,* mais ils en diffèrent considérablement au point de vue *physique* quant à la volatilité et au point de vue *chimique* quant à la stabilité en présence de l'eau et des alcalis. On sait combien les cyanures des radicaux négatifs CN - CO - se dédoublent facilement sous l'action de ces agents en acides - CO(OH) et acide HCN; les nitriles acétoniques au contraire sont stables dans ces circonstances.

La comparaison de ces nitriles oxydes avec les nitriles et les acétones simples correspondants montre bien ce qu'ils présentent de remarquable au point de vue de la volatilité.

Nitriles simples.

$CN - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	Éb.	140°
$CN - CO - CH_2 - CH_2 - CH_3$		133°-137°
$CN - CH_2 - CO - CH_2 - CH_3$		165°
$CN - CH_2 - CH < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}$	Éb.	129°
$CN - CO - CH < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}$		117°-120°
$CN - \underset{\underset{CH_3}{\vert}}{CH} - CO - CH_3$		145°

Acétones simples.

$CH_3 - CO - CH_2 - CH_2 - CH_3$	Éb.	102°
$CH_3 - CH_2 - CO - CH_2 - CH_3$		102°
$CN - CO - CH_2 - CH_2 - CH_3$		133°-137°
$CN - CH_2 - CO - CH_2 - CH_3$		165°
$CH_3 - CO - CH < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}$	Éb.	95°
$CN - CO - CH < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}$		117°-120°
$CN - \underset{\underset{CH_3}{\vert}}{CH} - CO - CH_3$		145°

On voit, une fois de plus, l'influence puissante qu'exerce sur la volatilité de la molécule totale les rapports de voisinage plus ou moins immédiats des composants -CN et >CO.

—

Étude de la synthèse du benzène par l'action du zinc-éthyle sur l'acétophénone (septième communication); par Maurice Delacre, correspondant de l'Académie.

Depuis 1889, époque à laquelle j'ai abordé l'étude de la synthèse graduelle du benzène, j'ai présenté à l'Académie une série de communications (*) qui ont eu pour but de donner de ces recherches une esquisse d'ensemble.

Pour compléter celle-ci, il me reste à fournir une note sur un produit qui aurait dû être décrit dans ma sixième communication, et dont j'avais remis l'étude plus complète à un mémoire que j'espérais prochain.

Il s'agissait d'une troisième homodypnopinacone, produit secondaire isolé dans la préparation de l'homodypnopinacone α.

Je m'étais remis à préparer en grand ce dernier produit, espérant obtenir ainsi une quantité du produit secondaire qui me permît d'en faire une étude fructueuse. Malheureusement, la longue série de préparations faites dans ce but a été absolument stérile en homodypnopinacone γ.

Force m'est donc de me contenter au sujet de ce corps d'indications tout à fait sommaires; je serai naturellement amené à les compléter plus tard.

En concentrant les alcools mères de la préparation de

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XX, p. 463 (1890); t. XXII, p. 470 (1891); t. XXVII, p. 36 (1894); t. XXIX, p. 849 (1895); t. XXXII, p. 95 (1896); t. XXXII, p. 446 (1896).

l'homodypnopinacone comme je l'ai dit (*), on isole, à côté de dypnopinacoline γ cristallisant en aiguilles légères, un corps en aiguilles vitreuses et lourdes. Ces deux produits ne peuvent être séparés que difficilement. On y arrive par cristallisation lente dans l'acide acétique, suivie de lévigation.

Les premières aiguilles vitreuses que j'ai obtenues de cette façon fondaient à 172°. L'analyse de ce corps (an. I) pouvait, de même que son point de fusion, le faire prendre pour de l'homodypnopinacone β, mais il différait tellement de ce dernier par la forme que je n'ai pas cru devoir accepter l'hypothèse de l'identité des deux produits.

En continuant mes essais, je suis arrivé à caractériser de la manière la plus nette le composé nouveau comme une homodypnopinacone nouvelle.

En répétant sa cristallisation plusieurs fois dans l'acide acétique, son point de fusion s'est élevé à 205° (an. II).

	An. I.	An. II.	
Substance . .	0.1668	0.1958	
Eau	0.0987	0.1161	
CO^2.	0.5167 0.0100 0.0007	0.6066 0.0137 0.0016	Calculé pour $C^{31}H^{26}O^2$
C°/₀.	86.2	86.62	86.49
H°/₀.	6.5	6.59	6.31

Trente centigrammes du composé analysé, chauffés pendant trois jours au bain-marie avec 9 grammes d'acide acétique, ne subissent aucune transformation ; en ajoutant

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXII, p. 450, 1896.

2 grammes de chlorure d'acétyle et faisant bouillir pendant trois heures, il se dépose des mamelons et des aiguilles soyeuses fondant au même point, à 146°.

La substance m'a fait défaut pour en aborder l'étude, qui eût sans doute conduit à isoler les corps différents dont je crains encore la présence dans le produit que j'ai décrit comme homodypnopinacoline σ.

Cette indication sur l'existence de l'homodypnopinacone γ complète le plan d'ensemble de mes recherches sur la synthèse graduelle du benzène.

Arrivé au bout de cet exposé de mes recherches préliminaires, je crois utile d'en résumer, non les résultats, mais les espoirs dans le tableau joint à cette notice.

Celui-ci montrera en un coup d'œil, mieux que ne le pourraient faire des pages de dissertations, les ressources du travail que j'ai entrepris, non dans le but de résoudre d'une manière définitive une question aussi fondamentale et aussi délicate, mais seulement dans la volonté d'aborder une étude qui ne pourra être résolue que par des générations de chercheurs et dans le but de fournir à ceux qui viendront après moi des données qui pourront contribuer à asseoir, sur une base exclusivement expérimentale, la synthèse de la chaîne benzénique.

Je n'ai pas mentionné dans ce tableau la dypnopinacoline δ, dont j'ai dit un mot en passant (*) ; je n'ai pas encore réussi à préparer à nouveau cet isomère.

De plus, d'importantes recherches sont encore à faire pour compléter l'histoire des isodypnopinacolines et isoler les homodypnopinacolines différentes.

Certains résultats, que je n'ai pas encore publiés, sont

(*) *Bull de l'Acad. roy de Belgique*, 3e sér., t. XXVII, p. 41, 1894.

mentionnés dans le tableau, notamment en ce qui concerne l'isodypnopinacoline α et le dypnopinalcolène. Je m'occuperai très prochainement de ces sujets.

Les flèches indiquent, non le procédé de préparation, mais, autant que possible, la dérivation naturelle des composés. Ainsi, par exemple, pour le dypnopinalcolène, je n'indique pas la préparation au moyen de la dypnone, mais seulement sa production au moyen de l'alcool, parce que je suis en droit de considérer celui-ci comme intermédiaire dans la préparation au moyen de la dypnone.

Dans certains cas, un seul composé donne lieu à deux dérivés isomériques; c'est le cas pour le dypnopinalcolène qui donne deux hydrocarbures $C^{32}H^{30}$.

Dans la case de l'isodypnopinacoline α, l'accolade qui réunit deux flèches signifie qu'une même réaction (action de la chaleur) donne en même temps deux produits distincts.

On voit que jusque maintenant je suis arrivé à réaliser une dizaine de réactions donnant naissance au triphénylbenzène.

Parmi elles, quelques-unes ont fait l'objet d'une étude suffisamment complète pour me permettre d'affirmer qu'elles sont quantitatives dans les limites de la précision dont ces recherches sont susceptibles.

Les réactions qui donnent naissance au benzène sont des scissions; mais la scission ne se fait pas toujours dans ce sens. En effet, tandis que l'alcool dypnopinacolique donne lieu à la décomposition suivante :

$$C^{34}H^{26}O = C^7H^6O + C^{26}H^{18} + CH^4,$$

l'alcool homodypnopinacolique donne

$$C^{32}H^{28}O = C^7H^6O + C^{25}H^{22}.$$

Il y a donc une curieuse étude comparative à faire entre $C^{24}H^{18}$ et $C^{25}H^{22}$.

La série des dérivés de $C^{25}H^{22}$ se trouve singulièrement enrichie par une classe de corps, la mérodypnopinacone et ses dérivés, composés que j'ai isolés par H^2SO^4 sur la dypnopinacone, et décrits, il y a dix ans, dans ma thèse inaugurale. Je présenterai prochainement à l'Académie un mémoire sur ce sujet.

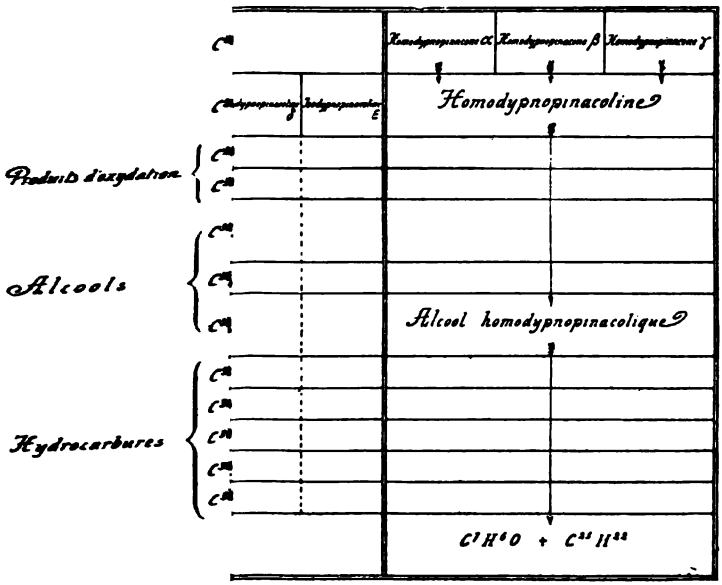
J'ai dit que cette note résumait dix années de labeur. Je manquerais à mon devoir en ne mentionnant pas à cette place combien m'ont été de grand secours, pendant cette longue période, les services dévoués de mon aide Joseph Joos.

Entre autres choses, toutes les combustions signalées dans mes mémoires successifs ont été faites par ce modeste collaborateur, aux soins et à la conscience duquel je dois de m'être déchargé du travail matériel exorbitant qu'ont nécessité ces travaux.

Université de Gand, Laboratoire de recherches.

Recherches sur la synthèse graduelle de la chaîne benzénique (neuvième communication); par Maurice Delacre, correspondant de l'Académie.

Les trois hypothèses de l'atomicité, de l'enchaînement des atomes de carbone entre eux, du déplacement d'un radical sans altération d'une molécule à une autre, principes sur lesquels repose la chimie organique tout entière,


Homodypnopinacoline α
Homodypnopinacoline β
Homodypnopinacoline γ
Homodypnopinacoline δ
Homodypnopinacoline ε
Homodypnopinacoline
Produits d'oxydation
Alcools
Alcool homodypnopinacolique
Hydrocarbures
$C^{21}H^{40}O + C^{22}H^{22}$

ont permis de traduire directement en formules les résultats de l'expérience.

Expression généralisée des résultats expérimentaux acquis par les savants qui fondèrent la chimie organique, ces notions, nées de la méthode synthétique, donnèrent à celle-ci une importance prépondérante dans la détermination de la structure des corps.

Ce n'est pas à dire, cependant, que la synthèse conduise toujours à des données absolument certaines. Les chimistes qui se sont imposé la tâche de contrôler analytiquement les conséquences que cette méthode enregistre, ont parfois pris en défaut notamment le principe du déplacement des radicaux sans altération, le seul des trois précités qui soit susceptible d'une vérification expérimentale rigoureuse.

Bien plus, des travaux importants ont établi qu'un seul et même corps est susceptible de réagir suivant des formules différentes. Je pourrais rappeler plusieurs exemples. Pour n'en citer qu'un, qui m'est familier, la pinacoline $C^6H^{12}O$ réagit quantitativement comme

$$\underbrace{(CH^3)^2C - C(CH^3)^2}_{O};$$

dans d'autres cas, quantitativement comme

$$(CH^3)^3 - C - CO - CH^3.$$

Devant ces faits, on peut se demander s'il est possible de représenter la constitution d'un corps par une formule tout à fait précise.

Sans vouloir donc discuter la nécessité absolue de soumettre à une scrupuleuse critique d'analyse les résultats de la méthode synthétique, il est certain que celle-ci peut être considérée comme la plus simple et

apparemment la plus sûre pour déterminer la constitution des corps. La conclusion de la synthèse a en tous cas l'avantage d'être l'expression d'un fait purement expérimental ; c'est ce qui fait sa force. Malgré les restrictions de l'analyse, restrictions qui disparaîtront probablement en grande partie lorsqu'on connaîtra les lois de la tautométrie, on peut dire aujourd'hui que tous les corps de la série aliphatique peuvent être considérés comme expérimentalement dérivés du méthane et que leur constitution est connue, dans ses grandes lignes, avec une certitude que doivent partager les esprits les plus sceptiques.

Ce résultat, qui est peut-être le plus important de la chimie moderne, se trouve limité à la série grasse et aux noyaux aliphatiques des autres séries. Dès que l'on franchit ces limites, on rentre dans l'hypothèse. Il y a un abîme, au point de vue de la satisfaction qu'elles donnent à notre esprit, entre les synthèses de la série grasse et les quelques méthodes qui ont permis de passer de la série aliphatique aux séries cycliques. D'ailleurs ces méthodes n'ont pas été étudiées pour elles-mêmes et l'on peut bien dire que le lien qui existe entre les séries cycliques et la série grasse est presque exclusivement théorique.

En d'autres termes, pour représenter la constitution des chaînes cycliques, on a invoqué des hypothèses nouvelles. Parmi celles-ci, la plus importante est celle, émise par Kékulé, de l'application aux faits observés des propriétés de l'hexagone. C'est un desideratum fort important pour le chimiste de chercher à se passer de ces hypothèses nouvelles et de donner à la constitution du noyau benzénique son expression expérimentale.

Des efforts ont été tentés dans cette voie dès l'avène-

ment dans la science des formules de structure développées. La réaction qui a préoccupé les chimistes de cette époque était la transformation de l'acétone en triméthylbenzène.

Arguant de l'existence de l'oxyde de mésityle $C^6H^{10}O$ et de la phorone $C^9H^{14}O$, que leur formule brute permettait de concevoir comme intermédiaires entre C^3H^6O et C^9H^{12}, les chimistes avaient énoncé une interprétation très simple et très séduisante qui a été enseignée dans les traités classiques pendant plus de trente ans.

Mais cette théorie, purement *a priori* jusque-là, plutôt faite pour montrer toutes les ressources des théories alors naissantes que pour étayer par une patiente synthèse les conceptions des savants, ne devait entrer dans la voie expérimentale que beaucoup plus tard, avec les recherches classiques de M. Claisen.

On sait que les études de ce savant chimiste l'ont conduit à rejeter pour la phorone la formule dissymétrique admise jusque-là, et à adopter la formule symétrique rendant toute synthèse graduelle impossible avec les idées que nous nous faisons de la constitution des corps.

Les recherches de M. Claisen faisaient perdre à l'oxyde de mésityle lui-même son titre d'intermédiaire. Et de fait, comment comprendre que l'oxyde de mésityle $C^6H^{10}O$ pût donner seul, au contact de l'acide sulfurique (Holtmeyer), le mésitylène C^9H^{14}? C^9 n'étant pas multiple de C^6, on était forcé d'admettre une scission préalable (*), totale ou partielle, de la masse d'oxyde de mésityle.

(*) On n'a jamais pensé à admettre qu'il pût se produire une scission postérieure à une condensation plus avancée ou à une polymérisation de $C^6H^{10}O$.

La scission partielle paraissait peu rationnelle, et M. Claisen, pour des raisons que je ne développerai pas ici, admit la scission totale.

Au fond, les expériences de ce savant tendaient à rejeter toutes les idées arbitraires qui avaient alors cours sur la synthèse du benzène. Aucun véritable intermédiaire n'était connu; la condensation normale de l'oxyde de mésityle et de la phorone devait donner naissance à des hydrocarbures non isolés, différents du mésitylène.

Tel était, il me semble, l'état de la question, lorsque j'entrepris, en 1888, mes recherches sur la condensation de l'acétophénone; je fus conduit à isoler la dypnone :

$$2C^{8}H^{8}O - H^{2}O = C^{16}H^{14}O;$$

j'étais autorisé à considérer celle-ci comme l'homologue de l'oxyde de mésityle, sans d'ailleurs admettre, plus que de raison, la formule par laquelle on représente généralement la structure de ce corps.

J'ai pu établir que cette dypnone est un réel intermédiaire entre l'acétophénone et la triphénylbenzine. En effet, dans une même préparation plus ou moins prolongée, la dypnone apparaît d'abord, puis disparaît, tandis qu'il se forme du triphénylbenzène.

C'était le premier pas dans la synthèse graduelle du benzène.

Depuis je me suis efforcé, toujours sans succès, d'isoler le second intermédiaire que je supposais homologue de la phorone, la formule dissymétrique de celle-ci ne me paraissant pas encore définitivement rejetée.

Cependant, tandis que je me trouvais arrêté à cette

difficulté, le succès couronnait mes efforts dans une voie qui me paraissait alors ne tenir qu'artificiellement au problème qui faisait l'objet de mes investigations. J'isolais, à côté de la dypnone $C^{16}H^{14}O$, une pinacone $C^{32}H^{28}O^{2}$ à laquelle je donnais le nom purement arbitraire de dypnopinacone; j'obtenais peu après trois isomères nouveaux de ce corps. Les pinacolines correspondantes sont au nombre de dix et ce nombre s'accroîtra vraisemblablement encore. Toutes possèdent des propriétés chimiques très nettes et la plupart sont admirablement cristallisées. Plusieurs m'ont permis d'arriver à la construction d'une chaîne benzénique par des réactions *quantitatives*.

Nous nous trouvons donc ici dans des conditions particulièrement favorables pour l'étude de la synthèse du benzène; premièrement, les réactions qui donnent le benzène sont susceptibles d'être mises en équations quantitatives, c'est-à-dire réelles; secondement, il sera probablement possible de varier les conditions de la formation de la chaîne benzénique en même temps que la nature des réactifs employés; enfin, la réaction de synthèse n'est pas isolée, mais, faisant partie d'une classe de corps présentant tous des réactions analogues, elle rentre dans le cadre d'un ensemble de faits et se trouve ainsi appuyée par une série d'analogies et de différences.

La parenté entre la dypnone $C^{16}H^{14}O$ et la dypnopinacone $C^{32}H^{28}O^{2}$ restait seule à déterminer. L'idée ne m'était pas venue, au début de mes recherches, qu'il pût y avoir entre $C^{16}H^{14}O$ (dypnone) et $C^{32}H^{28}O^{2}$ (dypnopinacone) uniquement un rapport de corps simple à corps polymère.

La production d'un alcool (dypnopinacone) à l'aide

d'une cétone (dypnone), au moyen du zinc-éthyle, me paraissait devoir être le résultat d'une hydrogénation. Le réactif zincique, essentiellement hydrogénant, me semblait agir comme dans le cas de la benzophénone pour produire une fonction pinacone. Mais le produit était non $C^{32}H^{30}O^2$, mais $C^{32}H^{28}O^2$. Je supposais donc qu'il y avait sur un autre point de la molécule départ de H^2, et j'attribuais là un rôle à C^2H^4.

La dypnopinacone se forme-t-elle réellement par ce mécanisme au moyen de la dypnone? En ce cas, elle ne pouvait avoir pour l'étude de la synthèse graduelle du benzène qu'un intérêt secondaire, puisqu'il intervenait autre chose que des réactifs simplement condensateurs et que les plus importantes des productions du triphénylbenzène ne pouvaient aboutir par la même voie.

Au contraire, la dypnopinacone est-elle le produit normal de polymérisation de la dypnone? Et dans ce cas, la dypnopinacone prenait pour l'étude de la synthèse graduelle du benzène une importance considérable; non seulement elle était intermédiaire dans la synthèse par le zinc-éthyle (comme je l'ai prouvé depuis longtemps), mais sa formation pouvait être invoquée comme possible par les autres réactifs, notamment dans l'action de HCl sur l'acétophénone.

Que la dypnopinacone soit le produit de la polymérisation de la dypnone et non le résultat d'une hydrogénation du chaînon cétonique par de l'hydrogène étranger, cette proposition est prouvée par trois ordres de faits que je vais exposer :

1° Aucun fait expérimental ne nous permet d'admettre l'action hydrogénante du zinc-éthyle dans la transformation de $C^{16}H^{14}O$ en $C^{32}H^{28}O^2$;

2° Dépolymérisation de la dypnopinacone par la chaleur;

3° Polymérisation de la dypnone par KOH et CNK.

L'examen de ces faits fera l'objet du premier chapitre de ce travail; un second sera consacré à l'extension de ces résultats à l'histoire de l'action de la chaleur sur la dypnone.

CHAPITRE PREMIER.

1. — *Considérations sur la préparation du dypnopinalcolène.*

Cet hydrocarbure, que j'ai décrit antérieurement, se prépare systématiquement par les réactions suivantes :

$$C^{32}H^{28}O^{2} = H^{2}O + C^{32}H^{26}O \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

$$C^{32}H^{26}O + H^{2} = C^{32}H^{28}O \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (II)$$

$$C^{32}H^{28}O = C^{32}H^{26} + H^{2}O \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (III)$$

On peut s'arrêter aux différentes phases, mais il est beaucoup plus simple de traiter la dypnone $C^{16}H^{14}O$ par le zinc-éthyle de façon à aboutir directement à la production de $C^{32}H^{26}$.

Cette dernière manière d'opérer conduit à une excellente méthode de préparation du dypnopinalcolène.

Or nous pouvons déterminer expérimentalement la proportion de $ZnEt^{2}$ qui conduit aux meilleurs rendements en hydrocarbure. D'autre part, il est facile de calculer la quantité de réactif théoriquement nécessaire suivant que l'on admet la polymérisation de la dypnone ou l'hydrogénation de celle-ci par $ZnEt^{2}$.

1° Dans le premier cas, les équations (I), (II), (III)

doivent indiquer la proportion de réactif à employer : pour deux molécules de dypnone (222 × 2), il faut deux molécules de $Zn<\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}$ (123 × 2).

2° Dans l'hypothèse où $C^{16}H^{14}O$ serait hydrogéné par $ZnEt^2$, il faudrait ajouter à la quantité de réactif réclamée par les équations (I), (II), (III) celle qu'exige la réaction suivante (IV) :

$$2C^{16}H^{14}O + Zn<\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix} = C^{32}H^{30}O^2 + Zn + 2C^2H^6. \quad (IV)$$

$$C^{32}H^{30}O^2 + C^2H^6 = C^{32}H^{28}O^2 + 2C^2H^6 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (V)$$

Cela élève la proportion de zinc-éthyle nécessaire, pour 444 de dypnone, de 246 à 369.

Or, à une époque où la polymérisation de la dypnone était encore loin de mon esprit, j'ai obtenu, après bien des tâtonnements, les meilleurs rendements en dypnopinalcolène en faisant agir 1 partie de zinc-éthyle sur 2 parties de dypnone (*).

Depuis j'ai eu quelques mécomptes en employant ces proportions, et j'ai trouvé qu'en forçant un peu la quantité, on arrive à des résultats beaucoup plus satisfaisants. En se servant de 30 grammes $ZnEt^2$ pour 50 grammes de dypnone, on obtient, après précipitation par l'eau, lavage à HCl et deux cristallisations dans l'acide acétique, des rendements qui oscillent entre 22 et 27 grammes de produit pur. Résultat très satisfaisant pour une opération de ce genre.

En interprétant la réaction suivant la polymérisation de la dypnone, la quantité théoriquement nécessaire de zinc-éthyle est de 28 grammes pour 50 grammes de

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXII, p. 487, 1891.

dypnone. On ne gagne rien à élever encore la proportion du réactif, ainsi que mes expériences l'ont établi. Voici, par exemple, deux séries d'opérations :

	Zinc-éthyle.	Dypnone.	Rend.
1°	12	24	11
2°	17	24	11
3°	30	50	25
4°	35	50	25

Dans 2° et 4°, il reste notablement plus de zinc-éthyle non attaqué.

Et cependant, si la formation de la dypnopinacone utilisait du réactif zincique suivant (IV), c'est 41 grammes qu'il faudrait en employer pour 50 de dypnone.

Ces expériences me paraissent probantes pour rejeter ma première interprétation suivant laquelle le zinc-éthyle serait l'agent de transformation de la dypnone en alcool. Il agit comme polymérisant par un mécanisme encore obscur, mais sur lequel l'étude de HCl sur la dypnone est appelée à jeter plus tard de la lumière.

2. — *Distillation de la dypnopinacone.*

Dans le mémoire où j'ai décrit ce corps, j'ai signalé des essais que j'avais exécutés sur sa distillation dans le vide, et mentionné la production d'un mélange d'acétophénone (?), de dypnone, d'eau et d'un hydrocarbure cristallisé, tandis qu'il reste dans le ballon de la triphénylbenzine (*).

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXII, p. 477, 1891.

Le soi-disant hydrocarbure cristallisé en lamelles fluorescentes fus. 106-107° me paraît ressembler fort au diphénylfurfurane que je devais isoler quelques années plus tard, après et indépendamment de MM. Engler et Dengler. Si, comme je le crois, j'ai fait erreur en attribuant à ce corps le caractère d'hydrocarbure, les produits que je viens de citer sont ceux de l'action de la chaleur sur la dypnone.

Or on a fréquemment constaté dans mon laboratoire que la distillation de la dypnone dans le vide peut donner du diphénylfurfurane. Il suffit pour cela que la pression ne soit pas suffisamment réduite, que la distillation se fasse trop lentement, ou peut-être que le ballon distillatoire soit surchauffé par suite de l'emploi d'un bain de chlorure de zinc trop usagé et difficilement fusible.

La distillation de la dypnopinacone que je viens de mentionner ayant été faite au bain de chlorure de zinc, elle avait besoin d'être confirmée.

J'ai donc opéré au bain d'alliage fusible. La distillation se fait alors très nettement, avec formation de dypnone restant claire (exempte d'eau) et sans aucun résidu; c'est tout au plus si, à la fin de la distillation, il passe une gouttelette plus épaisse, résineuse.

Je transcris les notes que je trouve sur ce point dans mon journal de laboratoire :

Dix grammes de dypnopinacone absolument pure sont chauffés au bain métallique dans le vide (environ 20 millimètres de pression); le tout distille entre 200 et 270°. Il reste un résidu gommeux négligeable, presque solide. La dypnone distillée contient au fond un dépôt de ce produit gommeux.

On redistille cette dypnone dans le vide; le thermomètre s'élève à

la fin vers 270° et le ballon distillatoire contient un résidu de cette même gomme. Si cette dypnone contient de l'acétophénone (*), c'est en petite quantité, car une seule goutte a passé sous 200°.

La dypnone redistillée pèse environ 8 grammes; elle se trouble à la surface par le repos.

... Une autre opération (faite un an après) a donné une dypnone très claire qui brunit seulement vers la fin de l'opération en devenant plus épaisse. Le produit tel que analysé a donné : C °/₀ 85.51 et H °/₀ 6.48, au lieu de 86.46 et 6.30.

La proportion trop faible de carbone de cette analyse peut s'expliquer, et par la faible quantité d'acide benzoïque que contient souvent la dypnone (**), et par l'inconstance de l'analyse organique alors que l'on ne prend pas certaines précautions spéciales pour les produits susceptibles de charbonner.

Quoi qu'il en soit, cela n'a, dans l'espèce, aucune importance; la dypnopinacone ne s'est pas condensée dans l'opération précédente, ce qui eût donné une teneur beaucoup plus forte en carbone.

De plus, la dypnone qu'elle régénère par distillation est bien identique au produit ordinaire.

2gr,056 (des 8 grammes mentionnés plus haut) sont additionnés de 15 centimètres cubes d'acide acétique glacial et de quarante gouttes de phénylhydrazine pure; après une huitaine de jours, 2gr,04 d'azone après lavage avec 5 centimètres cubes d'acide, puis 0gr,45 également lavés, puis 0gr,05, total 2gr,54.

2gr,064 de dypnone ordinaire obtenue par HCl, traités en même temps et exactement de la même manière, ont donné 2gr,28 + 0gr,35 = 2gr,63.

(*) Ou de l'hydrocarbure volatil résultant de l'action de la chaleur sur la dypnone?

(**) Observation faite par mon assistant, M. L. Gesché.

Il y a donc identité parfaite, et la distillation de la dypnopinacone manifeste une simple dépolymérisation. La chaleur n'agit pas autrement ici que sur le métachloral ; on sait que dans ce cas il y a simple formation de CCl^3COH aux dépens de $(CH^3COH)^n$. On pourrait invoquer bien d'autres exemples ; la désagrégation par la chaleur paraît une réaction commune à la plupart des polymères.

3. — *Polymérisation de la dypnone.*

La polymérisation directe de la dypnone par un agent ordinaire dépourvu de propriétés hydrogénantes devait mettre hors de doute les rapports réels qui existent entre la dypnone et la dypnopinacone. Cette transformation a été réalisée par mon assistant, M. L. Gesché, dans un travail qui lui a valu le titre de docteur en juillet 1899 et qu'il présentera prochainement à l'Académie. L'auteur indiquera lui-même comment il est arrivé à cette transformation au moyen de la potasse alcoolique concentrée ; je n'ai pas à examiner ces détails, mais seulement à faire ressortir l'importance, au point de vue théorique, du fait principal de sa thèse. La potasse alcoolique concentrée polymérise la dypnone, mais la dypnopinacone qui en résulte se transforme alors complètement en isodypnopinacoline α.

On peut isoler par une réaction limitée comme temps la dypnopinacone elle-même ; mais ce procédé ne peut guère servir avantageusement à préparer ce bialcool, à cause de l'instabilité de celui-ci en présence des alcalis.

J'ai donc cherché à réaliser la polymérisation de la dypnone par d'autres agents que la potasse. Le cyanure

de potassium sec donne des résultats, mais non dans le sens de la préparation de la dypnopinacone; c'est également l'isodypnopinacoline que l'on obtient. En chauffant vers 160° pendant huit jours 1 partie de cyanure et 2 parties de dypnone, les rendements en produit pur cristallisé sont d'environ 50 %; on recueille aussi environ 10 % de produits secondaires. A la température de 110°, on n'obtient pas non plus de dypnopinacone.

Dès que, résultat que je m'efforce d'atteindre, je pourrai réaliser la polymérisation de la dypnone par un agent acide ou neutre, je me trouverai en possession d'une méthode qui, en n'utilisant que des réactifs condensateurs et polymérisants, permettra de passer de l'acétophénone à la triphénylbenzine en suivant une série de réactions donnant toutes des rendements quantitatifs.

Les trois ordres de faits que je viens d'exposer ne me paraissent laisser aucun doute sur les relations qui existent entre la dypnone et la dypnopinacone.

D'autre part, la polymérisation de la dypnone explique plusieurs faits qui restaient inexplicables par l'interprétation ancienne de la synthèse du benzène. J'ai mentionné, entre autres, dans ma première communication sur le sujet qui m'occupe, la formation de triphénylbenzine comme le fait le plus saillant de l'histoire de la dypnone (*).

Ce fait, caractéristique parmi toutes les réactions de cette acétone, est *inexplicable* par la théorie ancienne. Celle-ci veut que, pour la formation du triphénylbenzène, il vienne se fixer sur la molécule de dypnone une molécule

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XX, p. 475, 1890.

nouvelle d'acétophénone, et celle-ci ne saurait se produire avec des réactifs tels que HCl sec, PCl^5, Zn $(C^2H^5)^2$.

Au contraire, l'interprétation qui s'impose maintenant donne de ces faits une explication plausible, en même temps qu'elle frappe par sa nouveauté; il rentre dans la théorie de la synthèse de la benzine un fait qu'on n'avait pas soupçonné : la polymérisation de la dypnone $C^{16}H^{14}O$. La dypnopinacone $C^{32}H^{28}O^2$ se transforme aisément en dypnopinacoline $C^{32}H^{26}O$ et de là on n'a plus que l'embarras du choix entre les réactions qui donnent de la triphénylbenzine en quantité théorique.

Telle est la marche de la synthèse de la chaîne benzénique. Est-elle la même dans les principales méthodes synthétiques?

Je n'essaierai pas de répondre à cette question pour le moment; je continue mes recherches sur l'interprétation des réactions qui se passent entre HCl sec et l'acétophénone, principale méthode de préparation de la dypnone et de la triphénylbenzine.

Mais je ne veux pas terminer cette note sans attirer l'attention sur un fait relatif à l'action de la chaleur sur la dypnone, fait qui me parait autre chose qu'une curieuse coïncidence.

CHAPITRE II.

Faits relatifs à l'action de la chaleur sur la dypnone (*).

L'action de la chaleur sur la dypnone donne naissance, entre autres, à un produit hydrocarboné que M. Ameye a reconnu être un mélange d'éthylbenzène et d'un hydro-

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXVI, p. 534, 1893. M. Ameye, *idem,* 3e sér., t. XXXVII, p. 227, 1899.

carbure non saturé qu'il suppose être l'allybenzine. Il n'a pu isoler ce dernier composé.

En faisant agir une chaleur prolongée sur un produit brut contenant ces deux hydrocarbures, plus de l'aldéhyde benzoïque, M. Ameye a isolé un corps qu'il a pris pour la dypnone, et supposé que l'aldéhyde benzoïque entre en jeu pour régénérer cette cétone (*).

Après avoir constaté les faits que je décrirai plus loin au sujet de l'action de la chaleur sur le dypnopinalcolène, j'ai cru nécessaire d'essayer l'action de la chaleur sur un produit hydrocarboné préalablement privé, par un traitement à la phénylhydrazine, de composés oxygénés. J'éliminais ainsi toute cause d'erreur provenant de la présence d'acétophénone et de sa condensation en dypnone.

Les faits que j'ai constatés sont tout à fait concluants, et, s'ils rectifient un détail du travail de mon élève, ils confirment d'autre part la conclusion la plus importante de sa note, à savoir la composition du mélange hydrocarboné. Les voici d'après mes notes de laboratoire :

Produit volatil de l'action de la chaleur sur la dypnone, rectifié dans un Le Bel à six boules. 43 grammes de 120-170° ont été additionnés de 30 grammes d'acide acétique glacial et 20 grammes de phénylhydrazine; après un jour de repos, on distille à la vapeur d'eau 37 grammes que l'on rectifie au Le Bel comme suit :

... 145°	10 grammes.
145°-155°	11 »
155°-163°	8 »

Ces différentes portions ont été chauffées en tubes scellés pendant huit jours à 225-230°. A l'ouverture des tubes, aucune pression.

(*) *Loc. cit.*, p. 228.

La première portion distille (Le Bel) 110-130° 6 grammes; elle n'absorbe pas le brome, mais dégage de suite HBr en donnant un liquide huileux à odeur agréable.

La deuxième portion donne 130-142° 4 grammes se comportant de même.

La troisième a bruni et s'est épaissie fortement; elle ne peut distiller à la colonne, même avec une très forte flamme et en entourant le déphlegmateur de papier. Dans un simple ballon, il distille très peu vers 140°; ce liquide n'absorbe pas le brome; le thermomètre s'élève ensuite à 320°; il passe un liquide jaune, épais.

Rappelons que M. Errera (*) a constaté que, dans certaines circonstances, l'allybenzène C^9H^{10} se polymérise en $(C^9H^{10})^3$ éb. 330°. Il y a donc concordance complète avec le résultat de M. Ameye en ce qui concerne la présence d'allybenzène dans le produit volatil.

Le résultat étant tel, j'ai pu rapprocher cette action de la chaleur d'une autre déjà mentionnée dans une communication précédente. Il s'agit de l'action de la chaleur sur le dypnopinalcolène.

Je n'ai pas l'intention de faire ici l'étude de cette réaction que je réserve pour un mémoire ultérieur. Je mentionnerai seulement certains faits caractéristiques.

Ayant soumis à la distillation une centaine de grammes de cet hydrocarbure $C^{32}H^{26}$, et m'attendant à une décomposition en $C^{24}H^{18}$ et C^8H^8, je fus surpris du peu de rendement en liquide volatil. En faisant cristalliser dans l'acide acétique la triphénylbenzène très propre qui reste comme résidu de cette opération, j'obtins, par distillation de ce dernier, un résidu qui me donna, vers 340°, 9 grammes d'un liquide épais, à point d'ébullition très

(*) *Berichte*, Jahrgang XVIII, Ref. p. 149.

fixe. En soumettant ensuite les produits les plus volatils à la distillation fractionnée dans un Le Bel à quatre boules, il a, comme le produit de l'action de la chaleur sur la dypnone, passé entre 130° et 170°. Le produit de tête absorbe le brome, mais assez faiblement pour permettre de conclure que le composé non saturé qui s'y trouve est accompagné d'un hydrocarbure saturé. Le liquide distillant entre 130° et 170°, soumis à l'action d'une température de 250° pendant huit jours, donne un hydrocarbure saturé, bouillant vers 140°, des produits intermédiaires non transformés, et un liquide bouillant vers 340°.

Je suis donc autorisé à conclure, sinon à l'identité, du moins à la grande analogie qui existe dans la composition des produits volatils obtenus par l'action de la chaleur, d'une part sur le dypnopinalcolène, d'autre part sur la dypnone.

Faut-il conclure de là qu'il se forme du dypnopinalcolène dans l'action de la chaleur sur la dypnone?

J'attendrais volontiers pour répondre à cette question. Mais comme cette action de la chaleur sur la dypnone donne lieu à une quantité de produits goudronneux indistillables, et que, de ce fait, nous ne pourrons jamais arriver à une notion claire des réactions qui y entrent en jeu; comme, d'autre part, il est douteux que nous puissions réaliser des conditions opératoires telles que ce résidu ne se forme pas, je crois qu'il n'est pas sans intérêt de faire, en attendant mieux, le rapprochement que je viens d'indiquer.

Il est remarquable que tous les produits que l'on a isolés jusqu'ici dans l'action de la chaleur sur la dypnone trouvent expliquée leur production dès que l'on admet la polymérisation de la dypnone.

L'acétophénone peut venir de sources différentes; elle pourrait provenir aussi de la scission de la dypnopinacoline en acétophénone et triphénylbenzine :

$$C^{32}H^{26}O = C^{24}H^{18} + C^{8}H^{8}O.$$

L'aldéhyde benzoïque, de la scission de l'alcool dypnopinacolique, d'après une réaction que je décrirai plus tard :

$$C^{31}H^{28}O = C^{24}H^{18} + C^{7}H^{6}O + CH^{4}.$$

L'éthylbenzine et l'allybenzine, de la scission du dypnopinalcolène.

La production de l'alcool dypnopinacolique et du dypnopinalcolène, produits d'hydrogénation de la dypnopinacoline, n'aurait rien d'extraordinaire, puisque la présence de composés comme l'acide benzoïque $C^{7}H^{6}O^{2}$, le diphénylfurfurane $C^{16}H^{12}O$ marque une auto-oxydation de la dypnone $C^{16}H^{14}O$; l'hydrogénation d'autres produits est une conséquence nécessaire.

Dans cette hypothèse, le dypnopinalcolène serait en quelque sorte un produit anormal de la condensation de l'acétophénone par la chaleur; la marche normale serait la déshydratation de la dypnopinacone et la scission de la dypnopinacoline, et

$$C^{32}H^{26}O = C^{24}H^{18} + C^{8}H^{8}O,$$

réaction qui se fait quantitativement.

Mais dans l'action de la chaleur sur la dypnone, il se produit des oxydations, et celles-ci entraînent la production de corps tels que le diphénylfurfurane $C^{16}H^{12}O$ et le dypnopinalcolène $C^{32}H^{26}$.

Il se trouve que l'un de ces deux produits peut donner du triphénylbenzène sans résidu, bien qu'étant en réalité un produit secondaire.

Le diphénylfurfurane, au contraire, ne conduit pas au triphénylbenzène par des réactions aussi nettes. On ne peut guère prévoir pour lui que la réaction hypothétique que j'ai déjà mentionnée :

$$C^{16}H^{12}O + C^{8}H^{8} = C^{24}H^{18}.$$

Or C^8H^8 n'est pas dans le mélange. Les réactions qui devraient en produire, comme la scission du dypnopinalcolène, n'en donnent pas en réalité.

De là probablement l'inutilité du diphénylfurfurane dans la synthèse, le peu de succès de la chaleur dans la formation du triphénylbenzène aux dépens de la dypnone.

Rappelons toutefois que cette interprétation de l'action de la chaleur n'est encore qu'une hypothèse basée sur les résultats précis que nous avons décrits dans cette note concernant les rapports de la dypnone à la dypnopinacone.

Université de Gand. Laboratoire de recherches.

Sur la polarité dans les courbes gauches du quatrième ordre (première espèce) et du troisième ordre; par M. Stuyvaert, professeur à l'Athénée royal et à l'Académie royale des beaux-arts de Gand.

I.

1. On sait que le lieu des points conjugués, par rapport à un faisceau ponctuel de coniques, des différents points d'une droite a est une conique Σ, laquelle est

aussi le lieu des pôles de la droite a relativement aux coniques du faisceau; et que ces pôles forment une ponctuelle du second ordre projective au faisceau de coniques (*).

Le pôle de la droite a par rapport à la conique Σ est le centre des moyennes harmoniques des points de base A, B, C, D du faisceau relativement à la droite a.

Que les couples de points A, B et C, D soient réels ou imaginaires conjugués, on peut toujours déterminer le point de rencontre M de a avec le support de A et B, ainsi que le conjugué N de M dans l'involution ayant pour points doubles A et B; une opération semblable pour C et D donne un point N′ analogue à N; enfin le centre G des moyennes harmoniques de N et N′ par rapport à a est, dans tous les cas, le centre des moyennes harmoniques de A, B, C, D relativement à a.

Si la droite a est à l'infini, on conclut de là que les centres des coniques d'un faisceau forment une ponctuelle du second ordre, et que le centre de la conique support de cette ponctuelle est le centre des moyennes distances des points de base A, B, C, D du faisceau (**).

On sait aussi que les droites conjuguées des différents points d'une droite d par rapport à un faisceau ponctuel de quadriques sont les génératrices d'un cône du second ordre ou d'un système réglé projectif à la ponctuelle ayant pour support d. Dans le premier cas, les droites polaires de d par rapport aux surfaces du faisceau sont sur la surface conique; dans le second, elles sont les

(*) Reye, *Géométrie de position*, t. II, p. 173.

(**) Chasles, *Sections coniques*, pp. 203-205.

directrices du système réglé et constituent une forme projective au faisceau de quadriques (*).

Il y a exception quand d contient un point principal du faisceau de quadriques, mais nous excluons ce cas. Appelons H la surface conique ou réglée dont il vient d'être question.

Un plan quelconque δ mené par d coupe les quadriques du faisceau suivant un faisceau de coniques, rencontre la courbe de base du faisceau en quatre points A, B, C, D et coupe enfin la surface H suivant une conique Σ, lieu des pôles de d par rapport au faisceau de coniques. Soit P le pôle de d par rapport à la conique Σ; P est aussi le centre des moyennes harmoniques relatif à d des points A, B, C, D. Si le plan δ tourne autour de d, le lieu du point P est une droite p, polaire de d relativement à la surface H.

Donc, *étant donnée une courbe gauche du quatrième ordre, intersection de deux quadriques, si on la coupe par les plans d'un faisceau du premier ordre en des groupes de quatre points, le lieu du centre des moyennes harmoniques de ces points, relativement à l'axe du faisceau de plans, est une ligne droite.*

Ce théorème est connu : il peut, par collinéation, se déduire du cas particulier où l'axe du faisceau est à l'infini et ce dernier se démontre sans peine, par l'analyse, pour des courbes gauches d'ordre quelconque. M. Geisenheimer (**) l'a établi, par la géométrie, pour les

---

(*) Reye, *loc. cit.*, pp. 171-172.

(**) Geisenheimer, *Die Erzeugung polarer Elemente für Flächen und Curven durch die projectivische Verallgemeinerung des Schwerpunktes.* (Zeitschrift für Mathematik und Physik, t. XXXI, 1886, pp. 193-213.)

courbes de degré n, mais sa méthode contient un sous-entendu analytique et ne s'applique pas au cas des imaginaires, si l'on veut interpréter ceux-ci à la manière de von Staudt.

2. Soit F_2 un faisceau ponctuel de quadriques; les polaires, par rapport aux surfaces de ce faisceau, de deux droites d et d_1 se coupant en E forment deux systèmes réglés ayant une directrice commune, savoir la droite e, lieu des conjugués du point E; les surfaces réglées, supports de ces systèmes, se coupent donc encore suivant une cubique gauche; celle-ci est le lieu des pôles du plan (d, d_1) relativement au faisceau de quadriques; elle appartient donc à la surface H relative à toute autre droite d_2 du plan (d, d_1); si, en particulier, d_2 passe par E, la surface H qui lui répond contient le rayon e. Donc on a le théorème :

Les surfaces réglées, lieux des conjugués, par rapport aux quadriques d'un faisceau ponctuel F_2, *des points des divers rayons d'un faisceau plan du premier ordre, forment elles-mêmes un faisceau ayant pour base une cubique gauche et une droite.*

Ce faisceau de surfaces H est projectif au faisceau plan (E). En effet, soit Q un point de la cubique gauche en question; Q est le pôle du plan (d, d_1) par rapport à l'une (F) des surfaces du faisceau. Le plan tangent en Q à la surface H qui répond au rayon d contient : 1° la droite r, lieu des conjugués d'un certain point R de d par rapport au faisceau F_2; 2° la droite s, polaire de d relativement à la surface particulière F; donc le plan tangent considéré est le plan polaire de R par rapport à cette quadrique particulière F, et les points R et Q sont conjugués par rapport à toutes les surfaces F_2.

Ainsi les plans tangents, en Q, aux différentes surfaces H sont les plans polaires, par rapport à une certaine quadrique F du faisceau, de points R conjugués à Q relativement au faisceau F_2; ces points R décrivent donc une ponctuelle perspective au faisceau (E); mais cette ponctuelle est aussi projective au faisceau de ses plans polaires relatifs à une quadrique et ce dernier faisceau est projectif à celui des surfaces H.

En résumé donc, aux droites d'un système plan ε, répondent des surfaces réglées H d'une gerbe spéciale, ayant pour base une cubique gauche. *La gerbe de surfaces et le système plan sont projectifs.*

3. Étant donnés un faisceau ponctuel de quadriques H_2 et un faisceau de rayons du premier ordre, projectifs entre eux, cherchons la surface engendrée par les droites polaires des rayons du second faisceau relativement aux quadriques correspondantes.

Soient *d* un rayon, H la quadrique correspondante, E le sommet du faisceau de rayons. La polaire du rayon *d* relative à H se trouve : 1° sur la surface I, lieu des conjugués des points de *d* par rapport au faisceau de quadriques ; 2° dans un plan ρ polaire de E relativement à la quadrique particulière H ; ce plan contient aussi la droite *e*, lieu des conjugués du point E par rapport aux surfaces du faisceau.

Or, d'après le n° 2, toutes les surfaces I forment un faisceau projectif au faisceau (E) ; tous les plans ρ forment un faisceau du premier ordre, dont l'axe *e* est une génératrice de toutes les surfaces I et qui est projectif au faisceau H_2, par suite projectif au faisceau (E), donc aussi à celui des surfaces I.

Et l'on sait (*) qu'un faisceau de plans et un faisceau projectif de quadriques engendrent une surface du troisième ordre Γ_3. Dans le cas actuel, cette surface est réglée, car tout plan ρ, contenant déjà une génératrice e de la surface I correspondante, la rencontre encore suivant une droite.

Tous les points de e sont des points doubles de Γ_3; car soit K un de ces points : le faisceau des plans ρ passant par e et le faisceau des plans tangents en K aux surfaces I sont projectifs et superposés; donc ils admettent deux plans doubles réels ou imaginaires conjugués σ et σ'; chacun d'eux contient une droite de Γ_3 passant par K; celui-ci est donc un point double.

Toutes les génératrices rectilignes de Γ_3 rencontrent la cubique gauche, lieu des pôles du plan du faisceau (E).

Ainsi *la surface Γ_3 cherchée est une surface réglée du troisième ordre possédant une droite double.*

4. Soient à présent un faisceau ponctuel de quadriques F_2 et un faisceau plan de rayons (E) non rapportés l'un à l'autre.

Les lieux des polaires des rayons d du second faisceau relativement au système de quadriques F_2 sont des surfaces réglées d'un faisceau (H) projectif à (E), d'après le n° 2; et les polaires de ces droites d par rapport aux hyperboloïdes H correspondants engendrent, d'après le n° 3, une surface réglée du troisième ordre Γ_3. Mais (n° 1) ces dernières polaires sont aussi les lieux des centres des moyennes harmoniques, par rapport à chacune des droites d, des points d'intersection des plans menés par d avec la courbe de base du faisceau F_2.

(*) Reye, *loc. cit.*, t. II, p. 172.

Donc, *si par un point* E *on mène un plan quelconque et si l'on détermine le centre* P *des moyennes harmoniques de ses points de rencontre avec une courbe gauche du quatrième ordre (première espèce), relativement à la droite d'intersection du plan mobile considéré et d'un plan fixe passant par* E, *le lieu du point* P *est une surface réglée du troisième ordre qui possède une droite double.*

II.

5. Nous appliquerons à présent les résultats du n° 1 aux cubiques gauches et nous étudierons quelques propriétés des figures que nous serons amené à considérer.

Soient, dans un plan, G le centre des moyennes distances de trois points A, B, C; et P le centre des moyennes distances des quatre points A, B, C, D; P est sur la droite DG et l'on a

$$\frac{PD}{PG} = -3.$$

Par projection centrale, on voit que si G est le centre des moyennes harmoniques de A, B, C par rapport à une droite d et si P est celui des quatre points A, B, C, D, le point P est sur la droite DG et que l'on a, en appelant M le point de rencontre de DG et d,

$$(DGPM) = -3.$$

Soient une cubique gauche et l'une quelconque s de ses sécantes; ce système est la base d'un faisceau de quadriques.

Un plan mobile δ, tournant autour d'un axe d qui ne rencontre pas la cubique, coupe la courbe aux points A,

B, C et la sécante s en D; le lieu du centre P des moyennes harmoniques de A, B, C, D par rapport à d est (n° 1) une droite p; le point D décrit la sécante s et le point M où DG rencontre d décrit cette droite d; s, d, p déterminent un système réglé dont DP est une directrice; donc le lieu du point G, tel que l'on ait

$$(DGPM) = -3,$$

est une génératrice g de ce système réglé.

Donc, *si un plan mobile tourne autour d'un axe* d *et coupe une cubique gauche en trois points* A, B, C, *le pôle de la droite* d *par rapport au triangle* ABC *décrit une droite* g (*).

Si d est à l'infini, g est le lieu du centre de gravité du triangle ABC.

La droite g se déduit encore de d par le procédé ci-dessus, appliqué, non à la cubique donnée k_3, mais à la cubique gauche, lieu des conjugués des points de d par rapport à k_3. En effet, si BC, CA, AB rencontrent d en A′, B′, C′, et si AG, BG, CG coupent respectivement BC, CA et AB en A″, B″ et C″, A′ et A″ sont conjugués harmoniques sur BC, donc A″ est sur la cubique lieu des conjugués des points de d et il en est de même de B″ et C″; au surplus, G est visiblement le pôle de d par rapport au triangle A″B″C″.

6. Si d est l'intersection de deux plans osculateurs, g est la droite qui joint leurs points de contact, et les plans osculateurs en A, B, C se coupent sur g, suivant une propriété connue.

C'est dans ce cas seulement que g coïncide avec la

(*) Geisenheimer, *loc. cit.*, p. 211.

conjuguée de d dans le système focal défini par la cubique, et que la corrélation entre ces deux droites est entièrement analogue à la dépendance d'une droite et de son pôle par rapport à une conique. La propriété suivante, probablement nouvelle, complète cette analogie.

Supposons que d soit l'intersection de deux plans osculateurs imaginaires conjugués, deux plans menés par d coupent respectivement la cubique en des ternes de points réels A, B, C; H, I, K appartenant à la même projectivité cyclique; supposons, pour fixer les idées, que, dans cette projectivité A et H, considérés dans une même série, correspondent respectivement aux points B et I de l'autre ou que les sens ABC, HIK soient concordants. On a donc

$$(CAHI) \overline{\wedge} (ABIK).$$

Donc, en appelant E et F les points doubles de la projectivité, les trois couples (A, H), (C, I), (E, F) sont en involution et l'hyperboloïde circonscrit à la cubique et déterminé par les sécantes AH et CI admet aussi pour génératrice EF ou g.

On démontre de la même manière que g est une génératrice des hyperboloïdes circonscrits à la cubique et définis respectivement par les couples de sécantes HB, CK et BI, KA.

Ces résultats sont évidemment conservés si l'on fait subir une permutation tournante à l'un des ternes de points. En résumé donc, si l'on considère les trois hexagones

AHBICK, AIBKCH, AKBHCI,

les hyperboloïdes déterminés par deux couples de côtés

opposés de chacun d'eux ont une génératrice commune g (*).

Le plan AIK coupe l'hyperboloïde défini par les côtés AI, KC du second hexagone suivant une génératrice AI et une directrice KX, laquelle est une semi-sécante de la cubique et rencontre la sécante g. De son côté, le plan BHK coupe l'hyperboloïde déterminé par les côtés BH, CK du premier hexagone suivant une génératrice BH et une directrice Ky, semi-sécante s'appuyant sur g.

Or les deux hyperboloïdes dont il vient d'être question coïncident, puisqu'ils ont deux génératrices communes CK et g; les droites KX et Ky se confondent donc et les plans AIK, BKH sont percés au même point par la droite g; un raisonnement semblable montre que g perce, en ce même point, le plan CHI qui ferme le cycle de la permutation tournante.

Finalement les six triples de plans :

AIK,	BKH,	CHI;	HBC,	ICA,	KAB,
AKH,	BHI,	CIK;	HAB,	IBC,	KCA,
AHI,	BIK,	CKH;	HCA,	IAB,	KBC,

se coupent trois à trois sur la droite g.

7. Dans le cas où la droite d n'est pas l'intersection de deux plans osculateurs, g n'est pas la conjuguée de d

(*) La propriété des hyperboloïdes, définis par les couples de côtés opposés d'un hexagone inscrit, de posséder une génératrice commune est connue (Cremona, *Journal de Crelle*, t. LVIII, p. 138); on apprend seulement ici que si les sommets alternants de l'hexagone sont deux ternes de la même projectivité cyclique, cette génératrice joint les points doubles de la projectivité.

dans le système focal. On s'en assure sans peine, par exemple, au moyen du raisonnement suivant :

On sait que la droite d est rencontrée en général par quatre tangentes à la cubique; soient T_1, T_2, T_3, T_4 les points de contact et S_1, S_2, S_3, S_4 les points où les plans (d, T_i) rencontrent encore la cubique; la droite g rencontre les quatre droites $S_i T_i$; au contraire, la droite c, conjuguée de d dans le système focal, rencontrera les tangentes aux quatre points T_i.

Ainsi, non seulement c et g ne coïncident pas, mais ces deux droites ne se rencontrent même pas, sauf si d est dans un plan osculateur, auquel cas c et g passent toutes deux par le point d'osculation.

8. Par la droite d, qui est supposée ne pas se trouver dans un plan osculateur, menons deux plans coupant la courbe en A, B, C et H, I, K.

Si un plan mobile passant par d coupe les droites AH, BI, CK respectivement en X, Y, Z, le lieu du pôle de d par rapport au triangle XYZ est une droite (la démonstration étant très facile, nous passons outre); or cette droite coïncide avec la droite g, car elles ont deux points communs, savoir les pôles de d par rapport aux deux triangles ABC, HIK.

Donc tout plan passant par d coupe les droites AH, BI, CK en trois points, sommets d'un triangle, et coupe la cubique aux sommets d'un autre triangle; la droite d a même pôle relativement à ces deux triangles.

Cette propriété ne semble pas avoir été remarquée; mais on connaît (*) le cas particulier où les points H, I, K sont infiniment voisins de A, B, C : les tangentes en

(*) Geisenheimer, *loc. cit.*, p. 211.

A, B, C et la cubique déterminent sur un plan π deux triangles; l'intersection des plans π et ABC a même pôle par rapport aux deux triangles.

On peut énoncer un très grand nombre de cas particuliers des deux théorèmes précédents. Nous n'en citerons qu'un seul, à titre de curiosité et en raison de son analogie avec une des propriétés les plus simples de l'hyperbole plane :

Le point de contact d'un plan osculateur à une hyperbole gauche est le centre de gravité des trois points où ce plan est percé par les asymptotes de la courbe.

9. En résumé, si l'on fait correspondre une droite d de l'espace considérée comme axe d'un faisceau et une droite g considérée comme support d'une ponctuelle, respectivement à une droite et à un point du plan d'une conique, les cubiques gauches jouissent de propriétés analogues à celles des pôles et polaires dans les coniques. L'analogie est complète quand la droite d est l'intersection de deux plans osculateurs; dans le cas contraire, les propriétés polaires sont réparties entre deux droites c et g.

Des considérations du genre de celles qui font l'objet des n°s 6, 7, 8 peuvent s'appliquer aux courbes gauches du quatrième ordre de première espèce. Nous les omettons ainsi que les théorèmes corrélatifs déduits des précédents par l'application du principe de dualité, pour ne point allonger inutilement ce travail (*).

(*) Depuis que nous avons présenté cette note, nous avons eu connaissance d'un mémoire de M. Dixon, *On twisted cubics* (Quarterly Journal, t. XXIV); cet important mémoire comporte une étude approfondie de la polarité dans les cubiques gauches et renferme, entre autres, quelques-uns des résultats de notre paragraphe II.

Recherches expérimentales sur l'hydrolyse et l'utilisation de la raffinose par le PENICILLIUM GLAUCUM; par H. Gillot.

Pour résoudre la question de l'hydrolyse et de l'utilisation de la raffinose par le *Penicillium glaucum*, il fallait la diviser : se rendre compte tout d'abord de l'action exercée sur la raffinose par la zymase sécrétée par le champignon, étudier les conditions dans lesquelles cette inversion a lieu et déterminer ensuite, par une culture sur un liquide favorable à un développement normal de la plante, la nature des produits auxquels donne lieu l'action du *Penicillium* sur la raffinose.

Il fallait donc étudier :

1° La transformation de la raffinose sous l'action du *Penicillium glaucum* cultivé en solution acide, dans le liquide Raulin, et détermination de la nature des produits intermédiaires auxquels donne naissance l'action du champignon sur la raffinose;

2° L'hydrolyse de la raffinose par la zymase du *Penicillium* cultivé en solution complètement neutralisée;

3° La marche de l'inversion de la raffinose par la zymase du *Penicillium* obtenue :

a) en faisant séjourner de l'eau stérilisée sous une culture de la plante arrivée à maturité.

b) par précipitation par l'alcool à 94°;

4° L'action du *Penicillium* sur la raffinose en solution à 2 % dans l'eau distillée ; étude de la variation du pouvoir

rotatoire du sucre en solution sous l'action du champignon;

5° L'action comparée des alcalis sur la sécrétion par le *Penicillium* d'une zymase inversive de la raffinose.

Tel est l'ordre suivi au cours de ces recherches; j'entre maintenant directement dans le détail de chaque expérience en particulier.

CHAPITRE PREMIER.

Hydrolyse de la raffinose par le *Penicillium glaucum* cultivé en solution acide dans le liquide Raulin.

La solution minérale dont Raulin a préconisé l'emploi pour l'obtention d'une abondante récolte d'*Aspergillus niger* convient également très bien à la végétation du *Penicillium glaucum*. C'est cette solution nutritive que j'employais dans mes premières expériences instituées en vue d'étudier l'hydrolyse de la raffinose par cette moisissure.

A cet effet, je prélevai 600 centimètres cubes de liquide Raulin et y ajoutai 12 grammes de raffinose pure (*).

(*) La raffinose utilisée au cours de ces recherches était la plus pure de celles que l'on trouve dans le commerce. Elle présentait les caractères suivants :

1° Pouvoir rotatoire. On a obtenu en employant :

$$p = 1^{gr} \quad v = 100 \quad \alpha = 6.05 \quad l = 2 \quad t = 20^{\circ}$$

$$\alpha_D^{20^{\circ}} = \frac{6\,05 \times 0\,344 \times 100}{2 \times 1} = 104.06$$

2° Birotation. N'a jamais été observée;

Après dissolution de la matière sucrée, la solution fut stérilisée à froid à la bougie Chamberland, puis distribuée, à raison de 60 centimètres cubes dans chaque ballon, dans une série de matras à fond plat et de capacité identique.

Les dix ballons, préparés comme il vient d'être dit, furent ensemencés à l'aide de spores provenant d'une culture pure de *Penicillium*.

Le contenu du premier matras, examiné de suite, a donné à l'analyse la composition suivante :

Raffinose pour 100 c. c.	2gr,000
Sucre réducteur	0gr,000
Acidité °/oo c. c. en H^2SO^4 (indicateur : phénolphtaléine)	1gr,200

Les neuf autres ballons, placés à l'étuve chauffée à 30° C., furent examinés à intervalles déterminés, au fur et à mesure du développement de la plante. Dans le liquide provenant de chaque matras de culture, on a dosé : le sucre réducteur évalué en glycose, le sucre réducteur évalué après traitement de la solution par un acide, la raffinose inattaquée (en glycose); en même temps que l'on a déterminé le degré d'acidité de la solution. Les résultats obtenus ont été les suivants :

3° Pouvoir réducteur. La solution aqueuse de raffinose ne réduisait pas la liqueur de Fehling;

4° Action directe et immédiate des acides : 1 gramme de raffinose a donné 0gr,6066 de glycose.

DURÉE DE L'ACTION.	Sucre réducteur évalué en glycose pour 100 c c.	Glycose °/₀ c. c après traitement par HCl.	Différence (en glycose) correspondant à la raffinose inattaquée	Acidité en H^2SO^4 par litre.	Augmentation totale d'acidité.	Augmentation de l'acidité entre deux examens successifs du liquide fermenté.
1er jour, liquide primitif.	0gr,000	»	»	1gr,280	0.000	
						0.030
Après 2 jours	0gr,762	0.818	0.556	1gr,310	0.030	
						0.150
» 4 »	0gr,538	0.538	0 000	1gr,460	0.180	
						0.060
» 5 »	0gr,484	0.484	»	1gr,520	0.240	
						0.232
» 6 »	0gr,437	0.437	»	1gr,752	0.472	
						0.078
» 7 »	0gr,405	0.405	»	1gr,830	0.550	
						0.039
» 8 »	0gr,318	0.318	»	1gr,869	0.589	
						0.111
» 10 »	0gr,152	0.152	»	1gr,980	0.700	
						0.032
» 12 »	0gr,024	0.024	»	2gr,012	0.732	
						0.000
» 14 »	0gr,000	0.000	»	2gr,012	0.732	

A ne considérer que les résultats obtenus, la conclusion qui semble en découler est celle-ci : sous l'action de la zymase sécrétée par le *Penicillium glaucum*, la raffinose est hydrolysée, puis disparaît progressivement du liquide de culture au fur et à mesure du développement du champignon; quant au degré d'acidité du liquide, il augmente, ce qui s'explique par la formation aux dépens des dérivés de la raffinose d'acides organiques divers, au nombre desquels j'ai pu caractériser avec certitude l'acide oxalique et l'acide succinique.

Il n'est cependant pas possible de tirer de telles conclusions d'une expérience conduite de cette façon. En effet, si l'on examine la composition du liquide Raulin, on voit de suite que l'on pourrait objecter l'existence dans cette solution de certaines substances, qui, comme l'acide tartrique, le nitrate d'ammoniaque, le sulfate de zinc, peuvent, sous certains rapports, agir sur la raffinose de la même façon que la zymase du *Penicillium*.

L'acide tartrique, à la dose où il entre dans la composition du liquide Raulin, jouit, à l'égard de la raffinose, d'un certain pouvoir inversif. Il en est de même de deux sels : le nitrate d'ammoniaque et le sulfate de zinc (*). Dès lors, la seule présence de sucre réducteur dans la

(*) En chauffant pendant trente minutes à 90° une solution de 0gr,5 de raffinose dans 50 centimètres cubes d'eau avec 0gr,2 de nitrate d'ammoniaque, — c'est-à-dire sensiblement la proportion qui entre dans la composition du liquide Raulin, — on obtient, après ce temps, un liquide agissant fortement sur la liqueur de Fehling. La réduction a lieu aussi, — à un degré moindre, il est vrai, — quand, dans les mêmes conditions, on remplace le nitrate d'ammoniaque par le sulfate de zinc.

solution ensemencée avec le *Penicillium* ne permet pas de conclure à une hydrolyse de la raffinose sous l'action d'une zymase quelconque sécrétée par le champignon. Rien ne nous dit, en effet, que le *Penicillium* ne se comporte pas avec la raffinose de la même façon que l'*Eurotiopsis Gayoni* avec la saccharose, lequel, d'après les travaux de Laborde (*), n'utilise ce dernier sucre que lorsque l'acide des liquides de culture en a préalablement réalisé l'inversion.

Une autre objection grave, inhérente à la présence dans le milieu de culture d'une certaine quantité d'acide tartrique, est fournie par la nature même des acides engendrés au cours du développement du *Penicillium*.

J'ai dit plus haut que le degré d'acidité du liquide résiduaire avait augmenté dans des proportions assez notables et que cette augmentation d'acidité était due à la formation d'acide oxalique et d'acide succinique. Mais la présence de ce dernier acide nous oblige à nous demander si réellement l'acide succinique trouvé à la fin de l'expérience provient de l'action même du *Penicillium* sur la raffinose, ou bien si cet acide ne doit pas sa formation à la présence de l'acide tartrique qui entre dans la composition du liquide Raulin.

On sait très bien, en effet, que l'acide succinique peut se produire quand on soumet à la fermentation bactérienne divers acides organiques au nombre desquels se trouvent l'acide oxalique, l'acide citrique et l'acide tartrique.

De son côté, la chimie nous apprend qu'il suffit d'une

(*) LABORDE, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1897, p. 1.

simple réduction pour que l'acide tartrique

$$\left(C^2H^2(OH)^2 < \begin{matrix} COHO \\ COHO \end{matrix}\right)$$

donne naissance à de l'acide succinique

$$\left(C^2H^4 < \begin{matrix} CO.OH \\ CO.OH \end{matrix}\right)$$

C'est en vue d'éviter ces différentes causes d'erreur que je me suis décidé à abandonner l'emploi du liquide Raulin comme milieu de culture et à lui substituer une solution minérale dans la composition de laquelle l'acide tartrique, le nitrate d'ammoniaque et le sulfate de zinc n'entreraient pas.

Ce sont ces conditions que j'ai réalisées dans l'expérience suivante, en remplaçant la solution de Raulin par le liquide minéral dont Laurent (*) a préconisé naguère l'emploi dans ses *Recherches physiologiques sur les Levures*.

CHAPITRE II.

Hydrolyse et utilisation de la raffinose par le *Penicillium glaucum* cultivé en solution neutre dans le liquide Laurent.

Le liquide nutritif de Laurent (**) présente le grand avantage, dans le cas qui nous occupe, de ne renfermer

---

(*) Laurent, *Annales de la Société belge de microscopie*, 1890.

(**) En voici la composition :

Eau	1,000 c. c.
Phosphate bipotassique	2gr,5
Phosphate ammonique	2gr,5
Sulfate de magnésium	1gr,0
Acide tartrique	2gr,0

ni nitrate d'ammoniaque ni sulfate de zinc. Il fallait au surplus s'assurer que la suppression de l'acide tartrique ne constituerait pas un obstacle à la germination des spores du *Penicillium*.

On connaît, en effet, le rôle important que jouent les acides organiques (tartrique, acétique, citrique) dans la végétation des levures et des moisissures. Leur action bienfaisante a été mise en lumière par les anciens travaux de Dumas (*) ainsi que par les recherches plus récentes de Hayduck (**), de Naegeli (***), de Laurent (''), de Laborde (').

De mon côté, j'ai montré ('') que la neutralisation par le carbonate de chaux du milieu de culture avait été un obstacle à la germination des spores d'*Aspergillus niger*.

Le *Penicillium* semble, lui, se comporter d'une façon toute différente de celle de l'*Aspergillus*. Sa végétation n'est nullement entravée par l'absence d'acidité. Peut-être la germination des spores se fait-elle un peu plus lentement que dans le cas d'une solution acide, mais l'aspect général du champignon pendant tout le cours de son cycle évolutif ne permet pas de penser à un développement anormal quelconque.

Dans la suite, la réaction du milieu devient acide par suite de la formation des acides auxquels donne nais-

---

(*) DUMAS, *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 277, 1872.

(**) HAYDUCK, *Biedermanns Centralblatt*, 1881.

(***) NAEGELI, *Untersüchungen über niedere Pilze*, München, 1882.

('') LAURENT, *Annales de la Société belge de microscopie*, 1890.

(') LABORDE, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1897, p. 1.

('') GILLOT, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1899, n° 3.

sance l'action du *Penicillium* sur les dérivés de la raffinose.

Une portion de liquide Laurent, sans acide tartrique, est additionnée de 2 °/₀ de raffinose. Après avoir distribué la solution ainsi préparée dans une série de matras de culture, on stérilise le tout et l'on ensemence ensuite le *Penicillium*. Immédiatement après stérilisation, le contenu d'un premier matras a donné à l'analyse les résultats suivants :

Réaction (papier de tournesol)	neutre
Sucre réducteur	0gr,000
Raffinose °/₀ c. c	2gr,000

Les autres ballons sont abandonnés à l'étuve chauffée à 30° C.

Trente-huit heures environ après l'ensemencement, les spores ont germé et la surface des liquides est recouverte d'un léger mycélium blanchâtre.

A ce moment, un ballon retiré de l'étuve donne à l'examen :

Réaction (papier de tournesol).	neutre.
Sucre réducteur évalué en glycose °/₀ c. c. .	0gr,183
Sucre réducteur après traitement de la solution par HCl	1gr,122

Comme le montrent déjà ces premiers résultats, l'inversion de la raffinose a été réalisée par le *Penicillium glaucum* dans une solution nutritive dont la réaction est restée neutre.

Après nonante heures, étude d'un nouveau matras qui donne :

Réaction.	acide.
Acidité °/₀₀ c. c. en H^2SO^4 (indicateur : phénolphtaléine)	0gr,166
Sucre réducteur évalué en glycose °/₀ c. c.	0gr,760
Sucre réducteur après traitement de la solution par HCl	1gr,160

Après sept jours, le liquide avait la composition suivante :

Acidité °/₀₀ c. c en H^2SO^4	0gr,243
Sucre réducteur °/₀ c. c (en glycose). . .	0gr,530
Sucre réducteur après traitement par HCl.	0gr,830

Après dix jours :

Acidité en H^2SO^4	0gr,245
Glycose °/₀ c. c.	0gr,520
Glycose après traitement par HCl . . .	0gr,817

Enfin le dernier matras, examiné vingt jours après, a donné :

Acidité en H^2SO^4	0gr,194
Glycose °/₀ c. c.	0,00 traces.
Glycose après traitement par HCl. .	0,00 traces.

Si donc la neutralisation du milieu de culture est une cause de retard — peu considérable, il est vrai — dans la germination des spores du *Penicillium*, cette neutralisation n'est cependant pas un obstacle à la sécrétion par la plante d'une zymase inversive de la raffinose.

On voit que la réaction du milieu ne tarde pas à devenir acide et que le degré d'acidité va en augmentant à mesure que la plante se développe. Cette acidification est due à la production des acides oxalique et succinique formés par l'action du *Penicillium* sur la raffinose.

L'hydrolyse de la raffinose se passant en deux phases, on peut se demander si l'acide oxalique n'influe pas sur la seconde phase de l'inversion correspondant au dédoublement de la mélibiose en galactose et dextrose.

La chose est peu probable, car la proportion d'acide oxalique est si minime que vraisemblablement elle ne peut exercer aucune action inversive sur la mélibiose.

Scheibler (*), au reste, a montré qu'il faut faire agir une solution concentrée d'acide sulfurique pendant trente-six heures à la température de 40° pour que la raffinose puisse être décomposée en trois hexoses.

L'expérience suivante montrera que l'inversion de la mélibiose est bien due à une action diastasique.

CHAPITRE III.

L'HYDROLYSE DE LA RAFFINOSE EST-ELLE RÉALISÉE PAR LE *Penicillium glaucum* CULTIVÉ EN SOLUTION ALCALINE?

C'est un fait bien connu que les alcalis favorisent le développement des bactéries banales, tandis que les acides sont plutôt favorables à celui des moisissures et des levures.

On sait de plus, depuis la publication des belles

(*) SCHEIBLER, *Deutsche Chem. Ges. Ber.*, 1899, 22, 3118-3121.

recherches de Fernbach (*) sur la sucrase, que l'action des alcalis se manifeste d'une façon marquée sur la sucrase de l'*Aspergillus niger*.

Je ne puis mieux faire que de reproduire ici, in-extenso, un passage du travail où ce savant expose si clairement le résultat de ses recherches quant à l'action des alcalis sur la sucrase de l'*Aspergillus niger :*

« La quantité de sucre interverti pour une même dose » de liquide à sucrase, à peine acide, va en diminuant » à mesure que la quantité de soude présente va en » augmentant, bien que cette augmentation de la soude » se fasse par degrés si faibles qu'ils n'amènent aucun » changement de teinte dans les papiers les plus sen- » sibles; elle fait voir que, dans les limites où existe ce » que nous appelons la neutralité au point de vue des » papiers colorés, la sucrase est encore très sensible à » des variations qu'aucun réactif ne pourrait accuser. »

Quant au ralentissement de l'inversion en milieu alcalin, Fernbach l'explique par une altération de la sucrase facilitée par cette réaction.

Fermi et Montesano (**), de leur côté, ont montré que si, dans des conditions convenables de culture, le *bacillus fluorescens*, le *proteus vulgaris* et la Levure rose jouissent de la propriété d'intervertir la saccharose, l'alcalinisation du bouillon de culture par adjonction de fortes quantités d'oxyde de magnésium fait perdre à ces microbes leurs propriétés.

(*) FERNBACH, *Sur le dosage de la sucrase.* (ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, 1899.)

(**) FERMI et MONTESANO, *Annali dell' Istituto d'igiene sperimentale della R. Università di Roma*, t. IV. p. 383, 1895.

Quant au pouvoir inversif de la Levure blanche, dans ces conditions, il s'atténue fortement.

Pour ce qui est de l'action comparée des divers alcalis, les mêmes auteurs remarquèrent que si, en général, les alcalis sont nuisibles à la sécrétion de l'invertine, le plus nuisible de ceux expérimentés était la potasse.

J'ai montré dans un chapitre précédent que la neutralisation de la solution nutritive n'empêchait nullement l'inversion de la raffinose par le *Penicillium*. Qu'arrivera-t-il si, au lieu d'opérer en solution neutre, on alcalinise assez fortement le milieu de culture?

Le *Penicillium* se comportera-t-il avec la raffinose comme le fait le *Bacillus fluorescens* et le *Proteus vulgaris* avec la saccharose, c'est-à-dire perdra-t-il toute propriété inversive, ou bien verra-t-il, comme la Levure blanche, s'atténuer son pouvoir inversif?

Telle est la question que je me suis posée et que j'ai essayé de résoudre dans l'expérience dont on trouvera les résultats plus loin.

A. Préparation des solutions :

Il importe que les solutions nutritives alcalines soient préparées avec le plus grand soin. L'étude comparée de l'action des divers alcalis — dans l'expérience présente, les alcalis expérimentés étaient la soude, la potasse et l'ammoniaque — exige que les solutions nutritives aient le même titre alcalimétrique, c'est-à-dire qu'elles demandent toutes trois le même nombre de centimètres cubes d'une solution titrée acide pour neutraliser leur alcalinité.

Les liquides nutritifs ont été préparés de la façon suivante :

Solution I (alcalinisée par la soude).

On a prélevé dans un ballon de 200 centimètres cubes :

a) 20 centimètres cubes d'une solution à 2.5 °/₀ de phosphate bipotassique;

20 centimètres cubes d'une solution à 2.5 °/₀ de phosphate ammonique;

20 centimètres cubes d'une solution à 1 °/₀ de sulfate de magnésium;

b) 4 grammes de raffinose;

c) 20 centimètres cubes d'une solution normale monovalente de soude caustique;

d) q. s. d'H^2O distillée pour obtenir le volume de 200 centimètres cubes.

Solution II (alcalinisée par la potasse) :

a), *b*), *d*) Comme pour la solution I;

c) 20 centimètres cubes d'une solution normale monovalente de potasse caustique.

Solution III (alcalinisée par l'ammoniaque) :

a), *b*), *d*) Comme pour la solution I;

c) 20 centimètres cubes d'une solution normale monovalente d'ammoniaque.

Les solutions I, II, III exigent la même quantité d'H^2SO^4 normal pour neutraliser leur alcalinité; elles ont donc le même degré alcalimétrique. Ces trois solutions sont distribuées, à raison de 50 centimètres cubes dans chaque matras, dans une série de ballons de culture.

La première série se compose donc de quatre matras alcalinisés par la soude; la deuxième, de quatre alcalinisés par la potasse, et la troisième, de quatre alcalinisés par l'ammoniaque.

La quantité d'H^2SO^4 normal nécessaire à la neutralisation du contenu des ballons a été la suivante : 20 centimètres cubes de liquide exigent 2 centimètres cubes d'H^2SO^4 normal.

Or 1 centimètre cube d'H^2SO^4 normal correspond à

$Na\,OH$: 0gr.04006,
KOH : 0gr,05616,
NH^3 : 0gr,01707.

Et les 5 centimètres cubes d'H^2SO^4 normal nécessaires à la neutralisation du contenu de chaque matras (50 centimètres cubes) donnent, pour les quantités respectives d'alcalis contenus dans chaque ballon, les valeurs suivantes :

Dans les ballons de la première catégorie :

$Na\,OH$: 0gr,20030, soit par litre : 4gr,006;

Dans les ballons de la deuxième catégorie :

KOH : 0gr,28080, soit par litre : 5gr,616;

Dans les ballons de la troisième catégorie :

NH^3 : 0gr,08535, soit par litre : 1gr,707.

Après stérilisation et ensemencement du *Penicillium*, les matras sont portés à l'étuve et y abandonnés à une température de 25° C.

Résultats obtenus :

B. Que l'alcalinité soit due à la potasse, à la soude ou à l'ammoniaque, ce qui caractérise une culture faite dans ces conditions, c'est un retard considérable dans l'apparition des premiers filaments mycéliens. Ce n'est, en effet, que quatre-vingts jours après l'ensemencement qu'un développement assez notable s'observe dans les matras alcalinisés par la soude; en solution additionnée de potasse, le développement est moins considérable. Quant

aux matras alcalinisés par l'ammoniaque, l'observation montre que les spores n'ont pas encore germé.

Au reste, l'analyse comparée du contenu des ballons montre bien la différence existant entre le développement du *Penicillium* dans chacune de ces solutions :

a) Avec la soude :

		Ballon I.	Ballon II.
Polarisation au tube de 200 millimètres.		6.6	9 2
Chute de polarisation (polarisation initiale = 12.1) . . .		5.5	2.9
Glycose pour 100 c. c.		0.811	0.334
Alcalinité en Na OH °/₀₀ c. c. Indicateur	tournesol . .	1.62	2.2
	méthylorange.	—	2.4
Perte d'alcalinité °/₀₀ c. c. Indicateur	tournesol . .	2.404	1.806
	méthylorange.	—	1.606

b) Avec la potasse :

Polarisation au tube de 200 millimètres . .	12.0
Chute de polarisation.	0.1
Glycose pour 100 c. c.	traces.
Alcalinité en KOH °/₀₀ c. c.	3.931
Perte d'alcalinité	1.685

c) Avec l'ammoniaque : pas de développement.

Ces résultats montrent bien qu'en solution alcaline, le *Penicillium glaucum*, malgré un retard considérable dans la germination de ses spores, réalise quand même l'inversion de la raffinose. En même temps, le degré d'alcalinité du liquide nutritif va en diminuant. Comme on le voit, la nature même de l'alcali a fait sentir son action d'une façon marquée, puisque, à égalité de degré d'alcalinité, la soude a été moins nuisible que la potasse, laquelle a paru être moins nuisible que l'ammoniaque.

On remarquera que, bien que la solution additionnée

de soude soit restée alcaline, l'inversion de la raffinose a déjà atteint sa seconde phase, caractérisée par le dédoublement de la mélibiose.

En effet, les chiffres ci-dessus (ballon 1) montrent que la polarisation du liquide de culture, qui primitivement était de 12.1, est descendue dans le matras où la culture est la plus florissante au point de n'atteindre plus que la valeur de 6.6. Or, dans le cas d'une fermentation de la raffinose par une Levure haute, j'ai montré récemment (*) qu'une solution nutritive, présentant au début une polarisation de 12.1, voit cette polarisation diminuer et atteindre la valeur de 9.0 à 9.1 qu'elle garde ensuite, quelle que soit la durée de contact. Avec la Levure basse, au contraire, la polarisation continue à décroître pour devenir nulle à la fin, lorsque tout le sucre a disparu.

Dans le cas présent, la mélibiose a été attaquée, et comme, d'autre part, le milieu de culture a conservé un certain degré d'alcalinité (0.162 °/₀), que par conséquent l'acide oxalique formé n'a pu exercer aucune action sur elle, on doit conclure que c'est bien à la faveur d'une action diastasique que la mélibiose doit son dédoublement.

Les autres matras sont abandonnés à l'étuve chauffée à 25°.

Le champignon continue à se bien développer en solution additionnée de potasse et dans celle additionnée de soude; en même temps, les spores ont germé en solution alcalinisée par l'ammoniaque.

(*) Gillot, *Sur la fermentation de la raffinose par le Schizosaccharomyces Pombe.* (Annales de la Société belge de microscopie, 1899.)

La réaction, d'alcaline qu'elle était au début, est devenue acide : l'acidité évaluée en H^2SO^4 °/₀ c.c. a été trouvée égale à :

Solution	+ soude	: 0.192	H^2SO^4
»	+ potasse	: 0.181	»
»	+ ammoniaque	: 0.143	»

Une culture faite dans ces conditions se caractérise donc par un retard considérable dans la germination des spores du champignon, par une diminution progressive du degré d'alcalinité du milieu de culture, laquelle alcalinité fait place à la fin à une certaine acidité due à la formation des acides organiques auxquels donne naissance l'action du *Penicillium* sur la matière sucrée.

CHAPITRE IV.

Marche de l'inversion de la raffinose sous l'action de la zymase du *Penicillium*.

a) Afin d'étudier de plus près l'action de la diastase sur la raffinose, j'ai cherché à obtenir une infusion de diastase du *Penicillium*, et pour y arriver, j'ai employé le procédé que Duclaux a préconisé naguère pour l'extraction de la sucrase de l'*Aspergillus niger*, procédé qui consiste à faire macérer pendant quarante-huit heures environ de l'eau distillée et stérilisée sous une culture de la plante arrivée à maturité.

La culture de *Penicillium* que j'ai employée dans cet essai avait été obtenue sur liquide Raulin. Après avoir siphoné le liquide résiduaire, je rinçai le matras — sans

immerger le champignon — avec de l'eau distillée et stérilisée jusqu'à ce que la réaction fût absolument neutre.

J'attire l'attention sur ce fait qu'il est indispensable de pousser le lavage du matras très loin, car il arrive toujours, lorsque le ballon n'a pas été suffisamment rincé, que l'infusion de zymase obtenue a une réaction assez fortement acide; ce fait, au reste, n'a rien qui doive étonner, si l'on songe que, lorsque le *Penicillium* arrive à maturité, l'acidité du milieu sur lequel il végète est considérable, puisqu'elle est due, d'abord à l'acide tartrique entrant dans la composition du liquide Raulin, en second lieu, aux acides auxquels donne naissance l'action du champignon sur la matière sucrée.

Fernbach (*), lors de ses recherches sur la sucrase de l'*Aspergillus niger*, avait déjà remarqué que les infusions de diastase qu'il obtenait présentaient souvent une réaction acide : il parait à cet inconvénient en neutralisant l'acidité par l'addition de petites quantités de soude.

Sous une culture mûre de *Penicillium*, j'ai donc fait séjourner pendant quatre jours de l'eau distillée et stérilisée de façon que la zymase pût y diffuser. Après ce temps, j'ai siphoné dans un ballon de 200 centimètres cubes, contenant 100 centimètres cubes d'une solution stérilisée de raffinose, une quantité suffisante d'infusion de diastase pour obtenir le volume de 200 centimètres cubes.

La solution examinée de suite a donné au saccharimètre Schmidt et Haensch (tube de 20), à la tempé-

---

(*) Fernbach, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1889, p. 476.

rature de 20°, une polarisation de 8.8, soit en degrés d'arc : 3.0272.

La valeur du pouvoir rotatoire de la raffinose étant 104, il suffira de poser, pour trouver la quantité de raffinose dissoute dans 200 centimètres cubes :

$$104 = \frac{3.027 \times 200}{2 \times x},$$

d'où $x = 2^{gr},91$ dans 200, soit $1^{gr},455$ % c. c.

Le ballon, fermé par un tampon de coton, a été abandonné à l'étuve à une température de 20-22°.

Chaque jour il a été soumis pendant quatre heures à une température de 55° en vue d'enrayer le développement des micro-organismes (*). Ce mode de stérilisation, quoique très imparfait, a cependant suffi à empêcher tout développement d'organismes étrangers.

La solution, examinée à intervalles déterminés jusqu'au vingt-sixième jour, a fourni les résultats suivants (voir tableau ci-après).

On remarquera de suite la différence entre l'intensité au début et à la fin de l'action ; au début, en effet, l'inversion est très active, puisqu'au bout de deux jours de contact seulement, la valeur de la polarisation tombe de 8.8 à 8.3, soit une différence de 0.5, et que le pouvoir rotatoire apparent descend de 104 à 98.11, c'est-à-dire de 6° environ.

(*) Roux conseille, dans le but d'empêcher le développement des micro-organismes, d'ajouter à l'infusion de diastase obtenue par le procédé décrit plus haut, une trace d'essence de moutarde. La présence de cette essence dans le liquide en expérience n'exercerait aucune action nuisible sur la zymase.

DURÉE DE L'ACTION.	Polarisation. (Tube de 20mm.)	Chute de polarisation.	Sucre réducteur (en glycose °/₀ c.c).	Pouvoir rotatoire $\alpha_D^{(20°)}$	Rapport de la glycose produite à la raffinose initiale
1er jour, liquide primitif.	8.8	»	»	104	»
Après 2 jours	8.3	0.5	»	98.11	»
» 4 »	8.0	0.8	fortes traces.	95.56	»
» 7 »	7.7	1.1	0.190	91.02	13.5 : 100
» 9 »	7.6	1.2	0.223	89.84	15.3 : 100
» 11 »	7.4	1.4	0.247	85.11	16.9 : 100
» 13 »	7.1	1.7	»	83.93	»
» 17 »	6.9	1.9	0.270	81.56	18.5 : 100
» 20 »	6.7	2.1	0.285	79.20	19.5 : 100
» 24 »	6.3	2.5	0.301	74.47	20.6 : 100
» 26 »	6.2	2.6	0.324	73.29	22.2 : 100

Dans la suite, l'action de la zymase se ralentit : la valeur de la polarisation après chaque examen de la solution n'accuse plus qu'une diminution de 0.1 à 0.2, le pouvoir rotatoire ne subissant une diminution de valeur que de 3, 2 ou même 1° seulement. Cette cause retardatrice dans l'action des zymases sur les sucres est due, comme on sait, aux produits auxquels donne lieu la réaction (*).

Dans le cas présent donc, le retard dans l'action de la zymase du *Penicillium glaucum* sur la raffinose est dû à la présence dans le liquide de la lévulose et de la mélibiose provenant du dédoublement de la raffinose, ou bien, si la mélibiose elle-même a été attaquée, à la présence de lévulose, de dextrose et de galactose.

Comme on le voit, on n'a pas encore atteint dans cet essai le second terme de l'inversion.

L'inversion de la raffinose se passe en deux phases : dans la première, il se forme de la lévulose et de la mélibiose d'après l'équation

$$\underset{\text{raffinose}}{C^{18}H^{32}O^{16}} + H^2O = \underset{\text{mélibiose}}{C^{12}H^{22}O^{11}} + \underset{\text{lévulose}}{C^6H^{12}O^6}.$$

Dans la seconde phase, la mélibiose elle-même se dédouble en deux hexoses : la dextrose et la galactose, d'après la réaction suivante :

$$\underset{\text{mélibiose}}{C^{12}H^{22}O^{11}} + H^2O = \underset{\text{dextrose}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{galactose}}{C^6H^{12}O^6}.$$

Or Scheibler (**) a montré qu'après la première phase

(*) Duclaux, *Microbiologie*, p. 165.

(**) Scheibler, *Ueber die Inversionsproducte der Melibiose*. (Ber. d. d. Chem. Gesellschaft, XXII, 1889.)

de l'hydrolyse de la raffinose, correspondant à ce qu'il a appelé l'*inversion faible*, le pouvoir rotatoire descend et atteint une valeur de 52 à 52.3. Par une inversion plus forte, le pouvoir rotatoire descend encore plus bas.

On peut donc admettre — d'après les chiffres donnés dans le tableau précédent pour la valeur du pouvoir rotatoire α_D du sucre en solution — que l'on n'a pas encore atteint la seconde phase de la réaction et que la zymase du *Penicillium* a simplement dédoublé la raffinose en lévulose et mélibiose.

b) La zymase a été obtenue dans cet essai par précipitation par l'alcool. Pour y arriver, le *Penicillium* étant parvenu à maturité et après s'être assuré que le liquide résiduaire ne réduisait plus la liqueur de Fehling, on a fait séjourner pendant trois jours sous le champignon de l'eau stérilisée.

Après quoi l'infusion de diastase ainsi obtenue et le liquide résiduaire ont été additionnés de trois à quatre fois leur volume d'alcool à 95° G. L.

La zymase a de la sorte été précipitée. On la recueille sur un filtre, redissout dans l'eau et reprécipite ensuite par l'alcool fort; après lavage à l'alcool à 80° G. L., le produit obtenu a été desséché très lentement à l'étuve, à une température ne dépassant pas 50° C.

Un certain poids de la zymase ainsi obtenue, après dissolution dans l'eau stérilisée, a été mélangé à une solution pure de raffinose.

On a mélangé dans un ballon de 200 centimètres cubes :

Infusion de zymase : 100 centimètres cubes.
Solution de raffinose : 100 id.

L'examen polarimétrique de cette solution a donné :

Polarisation (tube de 200 millimètres) . . . 9.4

Comme dans l'essai précédent, la solution était portée tous les jours pendant trois à quatre heures à la température de 55°, de façon à empêcher le développement des micro-organismes.

Après quatre jours, la polarisation est tombée de 9.4 à 9.1; après six jours, le liquide ne polarise plus que 8.95; après huit : 7.80; après dix : 7.6; après quatorze : 7.35.

Au surplus, l'examen à la liqueur de Fehling montre qu'il s'est formé :

Après	4 jours	: 0.098 °/₀ c. c.	de sucre	réducteur	évalué en glycose.
»	6 »	: 0.135 °/₀ c. c.	»	»	
»	8 »	: 0.243 °/₀ c. c.	»	»	
»	10 »	: 0.25[illegible] °/₀ c. c.	»	»	
»	14 »	: 0.291 °/₀ c. c.	»	»	

La diminution de la polarisation d'une part, l'augmentation de la quantité de sucre inverti d'autre part, montrent bien que dans ces deux essais l'hydrolyse de la raffinose est due à une action diastasique.

CHAPITRE V.

Dans une solution pure de raffinose, le *Penicillium glaucum* sécrète-t-il une zymase inversive de ce sucre?

Dans un travail sur l'interversion de la saccharose par les microbes, Claudio Fermi et Giuseppe Montesano (*) ont montré que dans une solution de glycérine pure ou de saccharose pure à 5 °/₀, seuls l'*Aspergillus niger* et le *Penicillium glaucum* sécrètent de l'invertine.

(*) *Loc. cit.*

J'ai donc cherché si dans une dissolution pure de raffinose, le *Penicillium* parviendrait à hydrolyser ce sucre, et, dans l'affirmative, à voir jusqu'à quel point l'inversion de la raffinose serait réalisée.

Ce qui caractérise une culture faite dans ces conditions, c'est d'abord la lenteur avec laquelle se développent les spores du champignon et ensuite l'aspect général de la plante pendant tout le cours de son cycle évolutif.

En effet, à l'inverse de ce qui se passe en solution nutritive, dans les conditions actuelles de la culture, le *Penicillium* pousse sous forme d'un mycélium noyé dans le liquide.

Cette modification dans la forme du champignon s'explique par le défaut de nutrition de la solution; ce sont des particularités qui s'observent chez nombre d'espèces quand la nutrition est défectueuse.

Passons successivement en revue les résultats obtenus dans cette expérience :

Six matras sont additionnés de la même quantité d'une dissolution pure de raffinose et ensemencés à l'aide de spores de *Penicillium*.

Le contenu du ballon est examiné de suite et donne à l'analyse les résultats suivants :

Réaction (papier de tournesol)	neutre.
Polarisation en tube de 200 millimètres .	11.4

Si x représente le poids de raffinose dissous dans 100 centimètres cubes, il vient :

$$104 = \frac{11.4 \times 0.544 \times 100}{2 \times x},$$

d'où

$$x = 1^{gr},885 \text{ °/}_{o} \text{ c. c.}$$

Les autres matras sont placés à l'étuve chauffée à 25° C.

Le premier est examiné trois jours après l'ensemencement; il donne :

Réaction	neutre.
Polarisation	11.4
Glycose °/₀ c c.	0.000
Glycose après traitement par HCl . .	1.140

Ce premier résultat montre déjà le retard dans la germination des spores; on ne trouve aucune trace de végétation, partant, aucune trace de sucre interverti.

Un autre matras, retiré de l'étuve onze jours après l'ensemencement, est soumis à l'examen et donne :

Réaction (papier de tournesol) .	Très légèrement acide.
Polarisation	10.4
Chute de polarisation	1.0
Sucre réducteur °/₀ c. c. évalué en glycose. . .	0.177
Glycose après traitement de la solution par HCl .	1.102

L'action du *Penicillium* sur la raffinose est donc, dans ces conditions, très lente, puisque onze jours après l'ensemencement la polarisation n'a subi qu'une diminution de 1° seulement, et que la liqueur de Fehling ne permet de déceler que 0.177 °/₀ de glycose, soit $^1/_{10}$ seulement du poids total de la raffinose.

Deux jours plus tard, soit quatorze jours après l'ensemencement, examen d'un nouveau matras qui donne :

Polarisation	9.8
Chute de polarisation	1.6
Acidité en H^2SO^4 par litre.	0.095
Sucre réducteur évalué en glycose °/₀ c. c. .	0.226

Dans cet essai, la polarisation a donc subi sur la polarisation accusée dans l'essai précédent une diminution de 0°,6, ce qui s'explique par la production aux dépens de la raffinose d'une certaine quantité de lévulose à pouvoir rotatoire lévogyre considérable.

Le dosage à la liqueur de Fehling montre qu'il s'est formé 0.226 de glycose au lieu de 0.177 obtenus dans l'essai précédent.

Si, au surplus, on compare la valeur du pouvoir rotatoire du sucre en solution quatorze jours après l'ensemencement à ce qu'elle était le jour même de l'ensemencement, on voit qu'elle n'est plus que de 87.3 au lieu de 104 (pouvoir rotatoire de la raffinose).

Après vingt-trois jours, un nouveau matras est retiré de l'étuve et son contenu analysé :

Polarisation	8.6
Chute de polarisation	2.8
Acidité en H^2SO^4 par litre.	0.096
Glycose °/₀ c. c.	0.416
Pouvoir rotatoire ($\alpha_D^{20°}$).	+ 78.4

Quant au dernier ballon, il est abandonné à l'étuve jusqu'au trente-deuxième jour et donne après ce temps :

Polarisation	6.8
Chute de polarisation	4.6
Acidité en H^2SO^4.	0.096
Glycose °/₀ c. c.	0.781
Pouvoir rotatoire ($\alpha_D^{20°}$).	+ 62.0

On voit donc que, malgré le retard considérable dans la germination des spores, le *Penicillium glaucum*, dans une dissolution pure de raffinose à 2 %, sécrète une zymase inversive de ce sucre. On remarquera aussi que dans cet essai on n'a pas encore atteint le second terme de l'inversion correspondant au dédoublement de la mélibiose.

CONCLUSIONS.

Il résulte des recherches précédentes sur l'hydrolyse et l'utilisation de la raffinose par le *Penicillium glaucum* que :

1° En solution minérale acide, le *Penicillium glaucum* sécrète une zymase capable de provoquer l'inversion de la raffinose.

2° La neutralisation complète du milieu de culture, s'il est vrai qu'elle influe un peu sur la rapidité de germination des spores, ne constitue cependant pas un obstacle à la sécrétion par la plante d'une zymase inversive de la raffinose.

3° L'action exercée par le *Penicillium glaucum* sur la raffinose se traduit par une augmentation d'acidité du milieu de culture, augmentation due à la production d'acide oxalique et d'acide succinique.

4° En faisant agir sur une dissolution pure de raffinose de la zymase de *Penicillium* obtenue soit par infusion sous une culture mûre du champignon, soit par précipitation par l'alcool fort, et en opérant dans des conditions telles que le développement des micro-orga-

nismes étrangers soit évité, on observe que l'intensité de l'inversion diminue au fur et à mesure que la durée de l'action augmente, ce qui vraisemblablement est dû à l'action exercée sur la zymase par les produits auxquels donne lieu la réaction.

5° En solution pure de raffinose à 2 %, le *Penicillium*, malgré un changement considérable affectant l'aspect général de sa culture, réalise encore l'inversion de ce sucre.

6° L'alcalinisation d'une solution minérale nutritive a pour conséquence de retarder beaucoup le moment de la germination des spores de *Penicillium*. La plante étant ensuite arrivée à un certain degré de développement, l'alcalinisation du milieu n'empêche nullement la sécrétion par le champignon d'une zymase inversive de la raffinose.

7° En solution alcaline, le développement du *Penicillium* détermine une diminution du degré d'alcalinité du milieu provoquée par la formation des acides auxquels donne lieu l'action du champignon sur les dérivés de la raffinose. D'alcalin qu'il était au début, le liquide devient acide à la fin.

8° Le développement du *Penicillium*, et conséquemment la rapidité avec laquelle se manifeste l'action de sa zymase sur la raffinose, sont influencés par la nature même de l'alcali.

L'expérience directe montre que des trois alcalis expérimentés, soude, potasse et ammoniaque, le moins nuisible a été la soude.

—

Cryodraco antarcticus, *Poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition antarctique belge* (communication préliminaire); par **Louis Dollo**, conservateur au Musée royal d'histoire naturelle, à Bruxelles.

I. — Introduction.

Dans le but d'assurer à l'Expédition antarctique belge, en ce qui me concerne, la priorité de ses découvertes, — et pour satisfaire au désir exprimé par la Commission de la *Belgica*, qui m'a demandé d'étudier les *Poissons* capturés par M. E.-G. Racovitza, naturaliste de l'Expédition, — je me propose de présenter à l'Académie, au fur et à mesure de l'avancement de mes recherches, une série de communications préliminaires sur les animaux qui m'ont été confiés.

Je commencerai, aujourd'hui, par un type abyssal nouveau, la forme la plus remarquable de la petite collection ichthyologique de la *Belgica*.

Suivant l'exemple qui nous a été donné par M. A. Günther (1), — un maître en la matière, — j'appellerai ce Poisson, inconnu jusqu'ici : *Cryodraco antarcticus*, pour rappeler, à la fois, les affinités de cet être et les

---

(1) *Bathydraco antarcticus*, Günther, autre Poisson de la famille des *Trachinidæ*, dont le prototype, *Trachinus draco*, L., est nommé Δράκων dans Aristote.

régions glacées du Pôle Sud, où les Belges, les premiers, organisèrent un hivernage, grâce à l'initiative et à l'énergie de M. le commandant A. de Gerlache.

Étymologie : χρύος (glace) + δράκων (dragon).

II. — Diagnose.

Cryodraco, g. n.

Corps, allongé, légèrement comprimé.

Queue, diminuant considérablement de hauteur en arrière, et y devenant assez effilée.

Tête, déprimée, au museau très allongé et spatuliforme.

Fente buccale, très grande (se prolongeant jusqu'à la verticale du centre de l'œil), horizontale, avec mâchoires égales.

Yeux, très grands, latéraux, séparés par un espace concave égal au diamètre de l'un d'eux.

Peau, nue.

Lignes latérales, au nombre de trois. La première, le long du dos, au voisinage de la base des nageoires dorsales, depuis la tête jusqu'un peu au delà de l'origine de la nageoire caudale, où elle se termine en s'infléchissant légèrement vers le bas. La deuxième, le long de la face ventrale de la queue, au voisinage de la base de la nageoire anale, depuis le quatrième rayon de celle-ci jusqu'un peu au delà de l'origine de la nageoire caudale, où elle se termine en s'infléchissant légèrement vers le haut. La troisième, très courte, à mi-hauteur du pédoncule caudal, commençant un peu en deçà de l'origine de la nageoire caudale et se terminant avec le pédoncule caudal.

Nageoires dorsales, au nombre de deux. La première,

très courte et très réduite, avec trois épines, au-dessus de la base des nageoires pectorales. La deuxième, très longue, commence un peu au-devant de l'anus et finit seulement un peu avant l'origine de la nageoire caudale.

Nageoires ventrales, jugulaires.

Nageoires pectorales, avec rayons branchus.

Dents des mâchoires, cardiformes. Pas de dents au palais.

Opercule, armé de quatre épines partant d'une même crête, l'une d'elles se détachant avant les trois autres, qui rayonnent d'un centre commun.

Rayons branchiostèges, au nombre de six.

Membranes branchiostèges, soudées à l'isthme et unies entre elles jusqu'à la verticale du bord postérieur de l'œil.

Branchies, au nombre de quatre.

Pseudobranchies, présentes.

Branchiospines, très courtes, rudimentaires.

Cryodraco antarcticus, sp. n.

D. III, 44; C. 20; A. 43; P. 25; V. I 5.

La hauteur du corps est comprise deux fois et demie dans la longueur de la tête.

La longueur de la tête est contenue un peu plus de trois fois dans la longueur du corps (nageoire caudale exclue).

L'œil est situé dans la moitié postérieure de la tête, son bord antérieur coïncidant avec le milieu de la longueur de celle-ci. Le diamètre de l'œil est égal à un quart de la longueur de la tête.

La première nageoire dorsale est noire.

La deuxième nageoire dorsale est incolore, avec une tache noire à la base de chaque rayon. La distance de son origine à l'occiput est légèrement moindre que la distance de l'occiput à l'extrémité du museau. La deuxième nageoire dorsale est beaucoup plus haute devant que derrière, et va donc en s'abaissant vers la queue.

La nageoire anale est incolore, avec une tache noire à la base de chaque rayon. Son origine correspond à la verticale du troisième rayon de la deuxième nageoire dorsale.

La nageoire caudale est très légèrement échancrée, incolore, sauf une tache noire à l'extrémité des rayons du milieu.

La nageoire pectorale est incolore, avec la base des rayons noirâtre. De plus, cette nageoire est longue, falciforme, atteignant le sixième rayon de la nageoire anale.

La nageoire ventrale est très étroite et très longue, mesurant les trois cinquièmes de la longueur du corps (nageoire caudale exclue) et atteignant le quarantième rayon de la deuxième nageoire dorsale. Ses trois rayons internes, beaucoup plus courts que les autres, sont incolores. Ses trois rayons externes, extrêmement allongés, sont noirs; le plus externe n'a pourtant que les deux tiers de la longueur de ses deux voisins, car il s'amincit en un filament, qui, vers le milieu de leur longueur, se détache d'eux et flotte librement; les deux suivants, rigides, sont sensiblement égaux, l'externe étant très légèrement plus court, et, de même épaisseur, ils cheminent côte à côte, restant unis jusqu'au bout, où ils se terminent en spatule.

La peau est incolore, transparente, chargée de nombreux points pigmentaires noirs, surtout le long du dos, sur la tête et à la base des nageoires. Selon M. Racovitza, il y avait, au moment de la capture, quelques bandes transversales d'un gris-noir effacé, un peu plus foncées sur la tête.

III. — Dimensions.

Voici, maintenant, les dimensions les plus importantes de l'unique spécimen rencontré pendant toute la durée de l'expédition :

	Millimètres.
Longueur totale (nageoire caudale comprise)	200
Longueur du corps (nageoire caudale exclue)	173
Longueur de la tête	53
Longueur du museau	26.50
Largeur du museau (au niveau des narines)	12
Diamètre de l'œil	13.25
Longueur de la nageoire pectorale	38
Longueur de la nageoire ventrale	105
Longueur de la nageoire caudale	27
Distance de l'extrémité du museau à l'origine de la première nageoire dorsale	54
Distance de l'extrémité du museau à l'origine de la deuxième nageoire dorsale	82
Distance de l'extrémité du museau à l'anus	86
Hauteur du pédoncule caudal	5

IV. — Habitat.

Océan antarctique : 71°22′ Lat. S. et 88°38′ Long. W. (chiffres approximatifs et provisoires).

Profondeur : 450 mètres.

N° 434, pris au Faubert IV, le 18 mai 1898.

V. — Comparaison systématique.

Cryodraco antarcticus appartient à la famille des *Trachinidæ*.

Mais les seuls genres de cette famille auxquels il soit utile de le comparer sont : *Bathydraco, Bembrops, Chœnichthys* et *Pagetodes*.

1. *Bathydraco* (1), Günther, 1878. Se différencie de *Cryodraco* en ce qu'il a les yeux tournés vers le haut, des écailles, une seule ligne latérale ininterrompue, pas de première nageoire dorsale, un opercule inerme, des rayons branchiostèges au nombre de dix, des membranes branchiostèges libres et pas de pseudobranchie.

2. *Bembrops* (2), Steindachner, 1876. Se différencie de *Cryodraco* en ce qu'il a les yeux très rapprochés et plus

---

(1) A. Günther, *Report on the Deep-Sea Fishes*. Voyage of H. M. S. Challenger. Zoology, vol. XXII, 1887, p. 47.

(2) F. Steindachner, *Ichthyologische Beiträge* (*V*). Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wiss. Wien, vol. LXXIV, 1876, p. 211.

— G. B. Goode and T. H. Bean. *Oceanic Ichthyology* (*Blake, Albatross, Fish Hawk*). Smithsonian Contributions to Knowledge, vol. XXX, 1895, p. 290. — *Hypsicometes*.

— A. Alcock, *A Descriptive Catalogue of the Indian Deep-Sea Fishes in the Indian Museum* (*Investigator*). Calcutta, 1899, p. 48.

ou moins tournés vers le haut, des écailles, une seule ligne latérale ininterrompue, une première nageoire dorsale fonctionnelle avec six épines, une deuxième nageoire dorsale beaucoup moins développée que celle de notre poisson (puisqu'elle n'a pas plus de dix-sept rayons), des dents sur le palais et des membranes branchiostèges libres.

3. *Chœnichthys* (1), Richardson, 1844. Se différencie de *Cryodraco* en ce qu'il a une tête énorme et contenue moins de trois fois dans la longueur du corps, pas de ligne latérale ventrale, une première nageoire dorsale très haute avec sept épines et une deuxième nageoire dorsale notablement moins développée que celle de notre poisson (puisqu'elle n'a que trente-quatre rayons).

4. *Pagetodes* (2), Richardson, 1844. C'est, de tous les *Trachinidæ*, celui qui semble se rapprocher le plus de *Cryodraco*. Et même, quand on examine la figure donnée par Richardson, on est porté, au premier abord, à identifier les deux genres. Malheureusement, *Pagetodes* n'est caractérisé par aucune diagnose, et le dessin qui en a été publié n'est qu'une esquisse insuffisante, comme le reconnaît, d'ailleurs, l'ichthyologiste anglais (3). En tous

---

(1) J. Richardson, *Fishes*. Voyage of H. M. S. Erebus and Terror. Zoology, Part II, 1844, p. 12.

(2) J. Richardson, *Op. cit.*, p. 15.

(3) J. Richardson, *Op. cit.*, p. 15.

« When the ships were in the high latitude of 77°10′ S., and long. 178 ½°, a fish was thrown up by the spray in a gale of wind, against the bows of the *Terror*, and frozen there. It was carefully removed, for the purpose of preservation, and a rough sketch was made of it by the surgeon, John Robertson, Esq., but before it could be put into spirits, a cat carried it away from his cabin, and ate it. The sketch is not sufficiently detailed to show either the number or

cas, il ne saurait être question ici de réclamer pour le nom de Richardson un droit de priorité. Car, ou le dessin fourni par ce naturaliste représente exactement la réalité, et alors *Cryodraco* est différent de *Pagetodes*, puisque celui-ci n'aurait pas de ligne latérale, il n'aurait qu'une seule nageoire dorsale commençant immédiatement derrière l'occiput, ses nageoires dorsale et anale seraient confluentes avec la nageoire caudale, et son opercule serait armé de trois épines isolées dont une bifurquée. Ou bien le dessin en discussion ne représente pas exactement la réalité, et alors, comme il n'est pas accompagné d'une description qui y supplée, *Pagetodes* est un nom qui doit disparaître, puisqu'il est impossible de savoir aujourd'hui, avec certitude, à quoi il correspond, attendu que le type sur lequel on l'a basé est perdu, — le chat de l'équipage de la *Terror* l'ayant dévoré avant qu'on ait pu l'étudier.

Il résulte de ce qui précède que la création du genre *Cryodraco* est parfaitement justifiée, même si l'on a *Cryodraco* = *Pagetodes*, chose à l'égard de laquelle il nous faudra rester dans le doute à tout jamais.

VI. — Caractères adaptatifs.

Outre la peau nue, incolore, transparente, chargée de nombreux points pigmentaires noirs, — l'allongement du corps, — le museau spatuliforme, — le grand déve-

---

nature of the gill and fin rays, or whether the skin was scaly or not, so that even the order to which the fish belongs is uncertain; and we have introduced a copy of the design, merely to preserve a memorial of what appears to be a novel form, discovered under such peculiar circumstances. »

loppement des yeux, — qui sont évidemment des caractères adaptatifs, je noterai encore, en cet endroit, un autre caractère de même nature : *la transformation* si spéciale *de la nageoire ventrale*, avec ses deux rayons rigides accolés, démesurément étirés et se terminant en spatule.

Ce caractère, qui manque aux autres *Trachinidæ*, se trouve parfaitement reproduit dans deux genres de Poissons abyssaux très éloignés de *Cryodraco : Bathypterois* (1), parmi les *Scopelidæ*, et *Photostomias* (2), parmi les *Stomiatidæ*.

Cas de convergence sous l'influence des mêmes conditions d'existence.

VII. — Rapports phylogéniques.

La comparaison de *Cryodraco* avec les autres *Trachinidæ* bien définis montre que notre poisson n'est qu'une sorte de modification du genre *Chænichthys*, pour satisfaire à de nouvelles exigences de milieu.

Comment le passage d'une forme telle que *Chænichthys rhinoceratus*, Richardson, à une forme telle que *Cryodraco antarcticus*, Dollo, a pu s'effectuer, c'est ce que nous fait

---

(1) A. Günther, *Op. cit.*, p. 187.

— A. Alcock, *Op. cit.*, p. 158.

(2) C. F. Lütken, *Spolia Atlantica : Scopelini Musei Zoologici Universitatis Hauniensis*, Kgl. Dansk. Vidensk. Selsk. Skr. Kjöbenhaven, vol. VII, 1892, p. 280.

— R. Collett, *Poissons provenant des campagnes du yacht l'Hirondelle*. Résultats des campagnes scientifiques du Prince de Monaco, vol. X, 1896, p. 131.

— A. Alcock, *Op. cit.*, p. 151.

très bien concevoir la forme intermédiaire *Chænichthys esox* (1), Günther.

Chænichthys georgianus (2), Fischer, est, au contraire, une espèce plus évoluée, au moins en ce qui regarde la première nageoire dorsale.

VIII. — Distribution géographique.

La capture de *Cryodraco antarcticus* à l'intérieur et non loin du cercle polaire antarctique est une nouvelle preuve de la fréquence des *Trachinidæ* dans le voisinage de ce cercle, alors que la famille en question est à peine signalée dans la zone arctique correspondante (3).

Je donnerai des figures de *Cryodraco antarcticus* dans la publication définitive de l'Expédition antarctique belge.

En attendant, j'aurai l'honneur de présenter prochainement à l'Académie la description de deux autres Poissons nouveaux, découverts par la même Expédition : *Gerlachea australis* et *Racovitza glacialis*.

---

(1) F. A. Smitt, *Poissons de l'Expédition Nordenskiöld à la Terre de Feu*. Bihang till K. Svenska Vet. Akad. Handlingar, vol. XXIV, 1898, p. 7.

(2) J. G. Fischer, *Ichthyologische und herpetologische Bemerkungen*. Naturhist. Museum z. Hamburg, 1885, p. 50.

(3) A. Günther, *An Introduction to the Study of Fishes*. Édimbourg, 1880, p. 462.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

—

Van der Mensbrugghe (*G.*). Le centenaire de l'Institution royale de la Grande-Bretagne. Louvain, 1900; extr. in-8° (31 p.).

Gehuchten (*A. Van*). Anatomie du système nerveux de l'homme, 3e édition, vol. II. Louvain, 1900; gr. in-8° (379 p.).

Preudhomme de Borre (*A.*). Sur le Sargus nitidus Meigen et sur sa capture en Belgique. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (1 p.).

— Note sur le genre Bourdon (*Bombus*). Genève, 1899; extr. in-8° (2 p.).

Meunier (*Fernand*). Revision des diptères fossiles types de Loew, conservés au Musée provincial de Koenigsberg. Narbonne, 1900; extr. in-4° (18 p. et 4 pl.).

— Note sur les Collemboles de l'ambre tertiaire. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (2 p.).

— Ueber die mikroskopische Fauna und Flora eines im freien stehenden Taufbeckens, par O. Zacharias. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (3 p.).

Archives de biologie (Éd. Van Beneden et Ch. Van Bambeke), t. XVI, 3e fasc.; 1899.

Club alpin belge. Bulletin, n° 25; 1900.

—

Allemagne et Autriche-Hongrie.

Hellmann (*G.*). Regenkarte der Provinz Ostpreussen. Mit Text und Tabellen. Berlin, 1900; in-8° (24 p. et 1 carte).

Wittzleben-Wendelstein (*Ferd. von*). Internationale Revue über die gesammten Armeen und Flotten, Januar 1900, Supplement und Beiheft. Dresde, 3 cah. in-8°.

Iéna. *Medicinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft.* Denkschriften, Band VI, 3; 1899, in-4°.

Hambourg. *Handelstatistisches Bureau.* Handel und Schiffahrt; 1898. In-4°.

Vienne. *Geographische Gesellschaft.* Mittheilungen, 1899.

Francfort-sur-le-Mein. *Senckenbergische naturforschende Gesellschaft.* Bericht, 1899.

Dresde. *Gesellschaft für Natur -und Heilkunde.* Jahres-Bericht, 1898-99.

Breslau. *Gesellschaft für vaterländische Cultur.* 76. Jahres-Bericht, 1898.

Berlin. *Gesellschaft Naturforschender Freunde.* Sitzungs-Berichte, 1899.

— *Physikdische Gesellschaft.* Die Fortschritte der Physik in Jahre 1898, 54. Jahrgang, 1, 2, und 3. Abtheilung.

—

Amérique.

Honoré (*C.*). Le soleil intérieur. Communication scientifique. Montévidéo, 1900; in-8° (26 p. et 1 pl.).

Edwards (*Arthur-M.*). The bacillaria of the Occidental Sea. New Haven, 1899; extr. in-8° (6 p.).

Indianapolis. *Department of geology.* 32d annual report; 1898.

Washington. *U. S. National Museum.* Proceedings, vol. XXI; 1899.

Des Moines. *Geological Survey.* Annual report, vol. IX; 1898.

Washington. *War Department.* Report of the surgeon-general of the army; 1899.

—

FRANCE.

Renault (*Bernard*). Notice sur les travaux scientifiques de M. Bernard Renault, supplément. Autun, 1899; in-4° (63 p. et 1 pl.).

PARIS. *Académie des sciences*. Mémoires, t. XLV, 1899; in-4°.

Institut de France. Annuaire, 1899.

ITALIE.

Vecchi (*Stan.*). Sulle figure complete determinate da un numero qualunque di punti o da un numero qualunque di tangenti diuna conica e sulle loro correlative nello spazzo. Parme, 1899; in-4° (16 p. et 2 pl.).

— Saggio di un disegno polarimetrico. Parme, 1899; in-4° (8 p. et 2 pl.).

Piolti (*Gius.*). Sopra una macina romana in leucotefrite, trovata nel dintorni di Rivoli. Turin, 1899; extr. in-8° (6 p. et 1 pl.).

NAPLES. *Societá Reale*. Atti (scienze fisiche e matematiche), vol. IX; 1899.

ROME. *R. Accademie dei Lincei*. Atti (scienze fisiche), vol. I e II, serie quinta, 1895-1898. In-4°.

Flora Batava (Van Eeden en Vuijck), 327e en 328e afleveringen, 1899; in-4°.

GOTHEMBOURG. *Université*. Arsskrift, 1899.

Sars (*G.-O.*). An account of the Crustacea of Norway, III, 1-2. Bergen, 1899; in-8°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 3.

Séance du 3 mars 1900.

M. Ch. Lagrange, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. J. De Tilly, *vice-directeur;* le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, G. Cesàro, Julien Fraipont, Pol. Francotte, Paul Pelseneer et A. Gravis, *correspondants.*

MM. Henry et Folie écrivent pour motiver leur absence.

CORRESPONDANCE.

La Classe prend notification de la mort de l'un des associés de la Section des sciences mathématiques et physiques, le professeur Eugène Beltrami, sénateur du royaume d'Italie, décédé à Rome, le 19 février dernier, ainsi que de la mort du professeur Giovanni Canestrini, décédé à Padoue, le 14 du même mois.

— Le Comité d'organisation de la VIIIe session du Congrès géologique international annonce l'ouverture de ses séances à Paris, le jeudi 16 août prochain.

— L'Université de Cambridge fait hommage d'un exemplaire de la médaille frappée à l'occasion du jubilé de sir G.-G. Stokes. — Remerciements.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail envoie un exemplaire de chacune des feuilles suivantes de la carte géologique de la Belgique au 40,000^e^ :

Wortel-Weelde, *Poppel*, *Beeringen-Houthaelen*, *Wervicq-Menin*, *Les Trois Pipes-Ploegsteert*, *Huy-Nandrin*, *Harzé-La Gleize*, *Odeigne-Bihain*, *Willerzie-Gedinne*, *Tintigny-Étalle*, *Sterpenich*, *Meix-devant-Virton-Virton*, *Saint-Léger-Messancy*. — Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

Les néolithiques de la Meuse. Types de Furfooz; par Julien Fraipont;

Sur l'entrecroisement des pyramides chez les Marsupiaux et les Monotrèmes; par A. Kölliker, associé;

Les précurseurs de Nernst; par Léon et Côme de Somzée (avec le discours prononcé par M. Léon de Somzée dans la séance de la Chambre des représentants du 20 février 1900, proposant l'adoption d'un système international d'unités électriques et la nomination, à cet effet, de délégués aux prochains congrès de Paris);

Cryodraco antarcticus, poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition antarctique belge. Communication préliminaire; par L. Dollo;

L'emploi des cerfs-volants en météorologie; par J. Vincent;

Cours de botanique, 3e édition, 2e partie; par E. Pâque.

— Travail à l'examen :

La Classe renvoie à l'examen de MM. Delacre et Henry une note de M. Louis Gesché, intitulée : *Étude de l'action de la potasse sur la dypnone.*

PROGRAMME DU CONCOURS POUR 1901.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux (Fl, Cl, Br, I). — Prix : 800 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

Trouver la forme des termes principaux introduits, par l'élasticité de l'écorce terrestre, dans les formules de la nutation en obliquité et en longitude. — Prix : 800 francs.

TROISIÈME QUESTION.

Faire l'historique et la critique des expériences sur l'induction unipolaire de Weber, et élucider au moyen de nouvelles expériences, les lois et l'interprétation de ce fait physique. — Prix : 800 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande une contribution importante à l'étude des formes mixtes à un nombre quelconque de séries de variables, et d'en appliquer les résultats à la géométrie des espaces quelconques. — Prix : 600 francs.

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition des animaux ou des végétaux. — Prix : 800 francs.

Exemples de questions qui pourraient être traitées par les concurrents :

Les albuminoïdes peuvent-ils se transformer en graisse dans l'organisme?

L'oxydation des albuminoïdes joue-t-elle un rôle dans la contraction musculaire ?

Les globulines et les albumines du sang ont-elles la même signification physiologique?

Comment s'effectue la synthèse des albuminoïdes chez les végétaux?

Quel rôle jouent les albuminoïdes dans la formation des graisses végétales ou des hydrates de carbone, etc.?

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un PHORONIS, *en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre : les genres* RHABDOPLEURA *et* CEPHALODRISCUS, *et le groupe des* ENTEROPNEUSTES. — Prix : 1,000 francs.

TROISIÈME QUESTION.

Décrire les corps simples, les sulfures et les combinaisons binaires du sol belge. — Prix : 800 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches relatives à l'influence des facteurs externes sur la caryocinèse et la division cellulaire chez les végétaux. — Prix : 800 francs.

Les mémoires devront être écrits lisiblement et pourront être rédigés en français ou en flamand. Ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1er août 1901.

L'Académie exige la plus grande exactitude dans les

citations; les auteurs auront soin, par conséquent, d'indiquer les éditions et les pages des ouvrages cités. On n'admettra que des planches inédites.

Les auteurs ne mettront point leur nom à leur ouvrage; ils y inscriront seulement une devise, qu'ils reproduiront sur un pli cacheté renfermant leur nom et leur adresse (il est défendu de faire usage d'un pseudonyme); faute de satisfaire à ces formalités, le prix ne pourra être accordé.

Les mémoires remis après le terme prescrit et ceux dont les auteurs se feront connaître, de quelque manière que ce soit, seront exclus du concours.

L'Académie croit devoir rappeler aux concurrents que les mémoires soumis à son jugement sont et restent déposés dans ses archives. Toutefois, les auteurs peuvent en faire prendre copie, à leurs frais, en s'adressant, à cet effet, au Secrétaire perpétuel.

—

La Classe met, dès à présent, au CONCOURS POUR L'ANNÉE 1902, la question suivante :

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances concernant l'action des alcools sur les éthers composés.

Une médaille d'or de la valeur de *huit cents francs* est attribuée à la solution de cette question; le délai pour la remise des manuscrits expirera avant le 1er août 1902.

Les conditions du concours sont les mêmes que celles qui figurent au programme pour l'année 1901.

—

Prix Charles Lemaire

EN FAVEUR DE QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX PUBLICS.

(Cinquième période : 1899-1901.)

Extrait du testament mystique de Mlle Lemaire, en date du 28 novembre 1890, fondant un prix à la mémoire de son frère, ancien ingénieur des ponts et chaussées :

« Je donne à l'Académie des sciences de Belgique la » somme de *vingt-cinq mille francs* pour que les revenus » en soient affectés à la formation d'un prix qui sera » décerné tous les deux ans, sous le nom de prix Charles » Lemaire, à l'auteur du meilleur mémoire publié sur » des questions relatives aux travaux publics. »

En conséquence, un prix de *quatorze cents francs* est attribué, pour la cinquième période de ce concours, à l'auteur du meilleur mémoire répondant au but de la fondation.

Seront seuls admis les ouvrages présentés par des auteurs belges ou naturalisés. Ils devront être rédigés en français ou en flamand, et publiés en Belgique pendant la période du 1er juillet 1899 au 30 juin 1901.

Le délai pour la remise des ouvrages expirera le 30 juin 1901; ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, à Bruxelles.

Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences, en décembre 1901.

RAPPORTS.

La Classe décide l'impression au *Bulletin* :

1° D'une note préliminaire sur les *Observations magnétiques faites par M. E. Lecointe pendant l'Expédition antarctique belge en 1897-1899*, examinée par M. Lagrange ;

2° D'une note préliminaire par M. Louis Dollo : *Gerlachea australis, poisson abyssal nouveau recueilli par l'Expédition antarctique belge*, examinée par M. Dupont.

Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous (deuxième communication); par M. Vandenberghe.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« M. Vandenberghe a continué ses recherches sur les dissociations des corps dissous. La note qu'il présente aujourd'hui à l'Académie fait suite à celle qui a été insérée dans le *Bulletin* de la Classe des sciences (1). L'auteur établit, par des expériences nouvelles exécutées en faisant choix de *dissolvants* appartenant à une même série homologue, que l'influence exercée sur la décomposition des associations moléculaires par le dissolvant ne voile pas notablement le rôle de l'élévation de la température. Celui-ci paraît donc bien subordonné à l'intensité de la chaleur, comme il avait été dit dans la note précédente.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion de la note de M. Vandenberghe dans le *Bulletin* de la séance. »

M. De Heen, second commissaire, déclare se rallier aux conclusions de M. Spring, lesquelles sont adoptées par la Classe.

(1) Page 657, 1899.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Phénomènes naturels observés pendant l'hiver 1899-1900;
par F. Folie, membre de l'Académie.

En novembre, bien des plantes étaient en complète floraison : violettes, pensées, ajoncs, roses; de nombreux insectes étaient pleins de vie.

Malgré les froids rigoureux de décembre, j'ai vu pendant ce mois, ainsi qu'en janvier, des bandes de sansonnets.

En février, j'ai noté, le 25, la floraison du noisetier, la feuillaison du sureau et de divers lonicera, le vol de la chauve-souris; le 27, le chant du merle; et, à partir du 24, le réveil d'un grand nombre d'insectes ailés, mouches, bourdons, papillons, etc.

Rapprochement entre le mode de fonctionnement de la molécule radiante et le fonctionnement d'un tube de Crookes;
par P. De Heen, membre de l'Académie.

Si l'on considère un tube de Crookes fonctionnant à des pressions variables, on remarque que si l'on se place dans les conditions connues, ce tube produira l'oscillation hertzienne si la pression est voisine de celle de l'atmosphère et même si l'on s'en écarte dans des proportions considérables, mais cette oscillation cesse de se produire lorsque la pression diminue au delà d'une certaine limite, et l'on voit apparaître la projection Röntgen. Le premier mode de propagation de l'énergie fait place au second. Nous allons voir que la même transformation se retrouve dans la molécule.

Nous pouvons considérer dans la molécule, de même que dans le tube de Crookes, un nombre d'ions variable, un vide plus ou moins parfait.

Si l'on utilise la flamme de Bunsen ou l'étincelle jaillissant entre des électrodes non ou faiblement volatiles, on remarque que les molécules se comportent comme des tubes dans lesquels le vide se trouve dans un état avancé. Des projections éthérées se manifestent, et l'électroscope, placé dans le voisinage, se décharge. Mais si, au contraire, on vient à introduire des vapeurs métalliques dans ces milieux, le *vide moléculaire* diminue et la projection éthérée fait place au phénomène oscillatoire, aux ondes lumineuses qui apparaissent sous forme de raies parfaitement définies, et la vitesse de décharge est notablement diminuée.

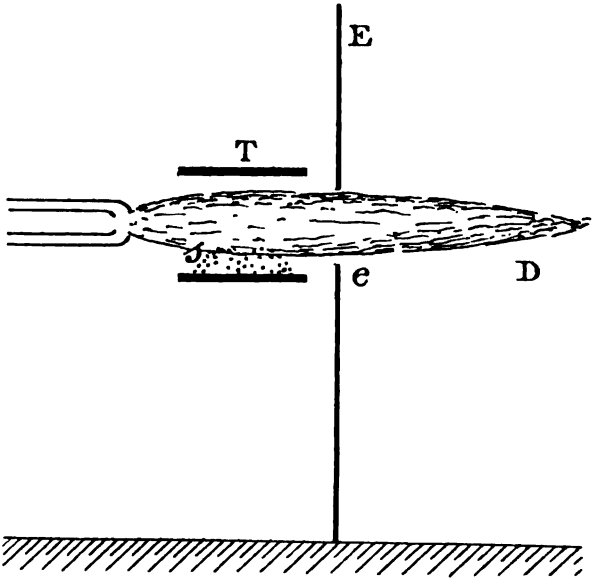


Fig. 1.

Afin de réaliser l'expérience à l'aide de flammes, il suffit de faire passer le dard du chalumeau au travers d'un tube en fer T (fig. 1); il traverse ensuite une ouverture circulaire pratiquée dans un écran en tôle de fer E. Un électroscope est placé dans le voisinage et se décharge sous l'action du dard D. Mais si l'on vient à placer dans le tube T en *s* un sel volatil, par exemple NaCl en poudre, on remarque que la vitesse de décharge est presque complètement enrayée.

Le même phénomène se produit à l'aide de l'étincelle. Si l'on fait jaillir celle-ci à la surface de l'eau pure, ainsi que cela est indiqué figure 2, la décharge de l'électroscope se produit rapidement, mais il suffit d'ajouter un sel volatil soluble, par exemple $CaCl_2$, pour voir la décharge enrayée.

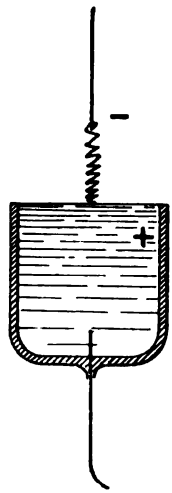


Fig. 2.

Cette manière de voir paraît donner la clef d'autres phénomènes.

Phénomène de transport du pôle positif au pôle négatif.— On sait que dans l'arc, dans l'étincelle et même dans les liquides divisés par une paroi poreuse, il y a transport de matière de l'anode à la cathode; le transport inverse se produit également, mais en proportion plus faible. Afin de nous rendre compte de ce phénomène, imaginons une cathode C et une anode A, et imaginons de plus qu'entre ces deux

pôles se trouvent disposés une série de molécules a, a', ou de tubes de Crookes à parois parfaitement transparentes pour toutes les radiations.

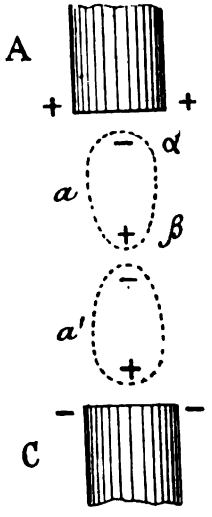


Fig. 3.

Ces molécules se disposeront comme la figure l'indique et, la tension étant devenue suffisante, il se produira un transport plus grand d'ions de α en β que de β en α, les projections émanant plus particulièrement de la cathode que de l'anode dans le tube de Crookes. Si enfin la température est suffisamment élevée pour évaporer les électrodes, les ions de cette vapeur ne tarderont pas à être entraînés dans le même sens. D'où transport prédominant de l'anode à la cathode.

Magnétisme et poids atomique ; par L. Errera, membre de l'Académie.

I

Quelques années après la publication du célèbre mémoire de Mendeléïeff et encore sous l'impression profonde que sa lecture avait produite, je remarquai que le magnétisme des corps simples est périodiquement dépendant de leur poids atomique, de telle sorte qu'un parallélisme étroit s'observe entre les propriétés magnétiques

des éléments et leur position dans les séries établies par le chimiste russe. C'est ce que j'indiquai dans un billet cacheté dont l'Académie voulut bien accepter le dépôt en sa séance du 2 février 1878, et dont elle ordonna l'ouverture et la publication en sa séance du 5 mars 1881 (*).

Th. Carnelley arriva, de son côté, en 1879, aux mêmes conclusions (**).

A cette notion générale et plutôt qualitative d'une relation entre les propriétés magnétiques et les séries de Mendeléïeff, Bachmétieff (***) a cherché à substituer celle, plus précise, d'une sorte de fonction sinusoïdale qui relierait la grandeur du magnétisme (positif ou négatif) au poids atomique. Mais, comme je l'ai montré (IV), il a été obligé, pour obtenir cette courbe, de faire des suppositions tout à fait arbitraires et dont quelques-unes sont sûrement inexactes. Aussi la courbe indiquée par lui ne saurait-elle être admise.

Il y a déjà longtemps (V) qu'on avait cru trouver une concordance entre le magnétisme des corps et leur volume atomique. Le volume atomique est, on le sait, une des propriétés les plus nettement périodiques que les éléments présentent : une certaine similitude entre son allure et celle du magnétisme est donc conforme à la règle que Carnelley et moi nous avons formulée. Mais ce que

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XLV, 1878, p. 71, et 3e sér., t. I, 1881, p. 313.

(**) *Ber. der deutsch. chem. Ges.*, 1879, n° 15 (30 septembre), p. 1958.

(***) BACHMÉTIEFF, *Journ. Soc. phys.-chim. Saint-Pétersbourg*, t. XXI, 4, 1889, II, p 39 (en russe). — Je dois à l'obligeance d'un étudiant de l'Université de Bruxelles, M. Tocheff, la traduction de ce mémoire.

(IV) *Ber. der deutsch. chem. Ges.*, XXIV, 1891, n° 1, p. 88.

(V) Voy., par exemple, DE LA RIVE, *Traité d'Électricité*, t. I, 1854, p. 558.

je voudrais établir ici, c'est que, dans l'état actuel de nos connaissances, il n'y a aucun avantage à prendre, pour terme de comparaison avec le magnétisme, le volume plutôt que le poids des atomes.

Parmi ceux qui, depuis une dizaine d'années, ont de nouveau mis en rapport la paramagnétisme et le diamagnétisme d'une part, le volume atomique de l'autre, on peut citer Joubin (*), Koenigsberger (**) et Stefan Meyer (***).

Joubin n'envisage que les métaux. Il les groupe en deux séries : la première contenant les métaux diamagnétiques, la seconde les métaux paramagnétiques et, en outre, l'argent. Dans chacune, il range les corps d'après la distance $\frac{1}{n}$ de leurs molécules, n^3 étant le nombre de leurs molécules par unité de volume : n^3 est donc inversement proportionnel à leur volume moléculaire et $\frac{1}{n}$ directement proportionnel à la racine cubique de celui-ci. Et il montre que, pour la première série, la résistance électrique spécifique ρ décroît en même temps que $\frac{1}{n}$; tandis que, pour la seconde, c'est l'opposé.

On voit que cette remarque, fût-elle inattaquable, ne prouverait pas l'existence d'une dépendance entre le magnétisme et le volume moléculaire. Le contraire en résulterait plutôt, puisqu'il y a, dans chacune des deux séries de Joubin — la paramagnétique et la diamagnétique — des corps à volume moléculaire élevé et d'autres à volume moléculaire faible.

Koenigsberger s'exprime avec une certaine réserve :

(*) Joubin, *Comptes rendus*, 1891, t. CXII, p. 93.

(**) J. Koenigsberger, *Wiedemann's Annalen*, **66**, 1898, p. 698.

(***) Stefan Meyer, *Wiedemann's Annalen*, **68**, 1899, p. 325, et **69**, 1899, p. 237.

« Une relation semble exister, dit-il, entre le volume atomique et le magnétisme atomique. » Il précise cependant quelques pages plus haut : les corps à volume atomique faible seraient le plus fortement paramagnétiques et, à mesure que le volume atomique s'élève dans chaque groupe considéré, le magnétisme atomique diminuerait et deviendrait négatif (diamagnétisme) (*).

Mais il est aisé de constater combien la réalité se plie mal à cette règle. Le carbone a un volume atomique moindre que le fer et n'est certes pas aussi paramagnétique que lui; il est même diamagnétique, d'après Plücker et Stefan Meyer. Le cuivre a le même volume atomique que le fer : il devrait donc être paramagnétique comme celui-ci et il est, au contraire, diamagnétique d'après toutes les observations, y compris celles de Koenigsberger lui-même. L'élément qui est de beaucoup le plus diamagnétique est le bismuth : son volume atomique est cependant inférieur à celui des métaux alcalins (Na, K, Rb, Cs) et alcalino-terreux (Ca, Sr, Ba), ainsi que des corps halogènes (Cl, Br, I) ; — etc.

C'est aussi à la courbe bien connue des volumes atomiques que Stefan Meyer s'efforce de rapporter le magnétisme atomique des éléments. Il dit : « Les substances fortement paramagnétiques se trouvent toutes exclusivement situées aux minima et dans les portions de la courbe qui précèdent ceux-ci. La seule exception notable est l'oxygène; mais il se comporte, dans ses combinaisons, comme s'il était un corps diamagnétique.

« Les endroits où le volume atomique est considérable répondent au diamagnétisme. Toutefois, les maxima des deux qualités magnétiques semblent un peu en avance (à

(*) Koenigsberger, *loc. cit.*, pp. 734 et 731.

gauche) sur les extrêmes de la courbe des volumes atomiques...

» Conformément à la dépendance générale vis-à-vis du volume atomique, le (para)magnétisme augmente quand la température s'abaisse (diminution du volume atomique), tandis qu'il diminue dans les combinaisons qui présentent un accroissement de volume atomique (*). »

On pourrait naturellement répéter ici les objections qu'on a indiquées plus haut à propos de Koenigsberger. On pourrait ajouter que s'il est vrai que les éléments situés sur les branches descendantes de la courbe sont généralement paramagnétiques et ceux des branches ascendantes diamagnétiques, les exceptions ne manquent pas : sans parler de l'oxygène (**), le palladium et le platine sont paramagnétiques, quoique situés au début de branches ascendantes; le calcium, le strontium, le baryum, placés sur les branches descendantes, sont donnés comme diamagnétiques; etc.

II

Il me paraît résulter de tout ceci qu'il n'y a, quant à présent, aucun profit à rapporter le magnétisme des éléments à la courbe des volumes atomiques plutôt qu'au système périodique des poids atomiques. Ou, pour m'exprimer dans le langage des mathématiciens : le volume atomique est une fonction périodique du poids atomique, le magnétisme aussi, et il est à la fois plus simple et plus

---

(*) Stefan Meyer, *loc. cit.*, **69**, pp. 261-262.

(**) L'exception, au point de vue des partisans du volume atomique, est cependant bien réelle, et Dewar (*Proc. Roy. Soc.*, 1891, vol. L, pp. 247, 261) a constaté encore que l'oxygène et l'ozone liquéfiés sont extrêmement paramagnétiques.

rationnel de ramener chacune de ces fonctions au poids atomique pris comme variable indépendante, plutôt que de chercher un parallélisme entre l'une des fonctions et l'autre. Je reconnais volontiers que le lien de causalité qui paraît exister entre le poids des atomes et leur conduite magnétique nous échappe jusqu'ici tout à fait; mais il en est de même pour la plupart des autres propriétés périodiques.

Les faits actuellement connus sont, je pense, représentés encore de la façon la plus adéquate par les propositions suivantes, qu'il me sera permis d'emprunter à ma note de 1878 :

« *Le magnétisme des corps simples est périodiquement dépendant de leur poids atomique... Les corps des séries impaires de Mendeléïeff sont diamagnétiques; les corps des séries paires sont paramagnétiques...* Mendeléïeff a montré qu'environ les dix premiers corps de son tableau — semblables en cela aux premiers termes des séries organiques — se singularisent et font, en quelque sorte, bande à part. Aussi ne faudra-t-il pas trop s'étonner si parmi eux la loi du magnétisme souffre quelques irrégularités : le carbone (*), l'azote, le fluor et le sodium, par exemple, pourraient bien constituer des exceptions plus ou moins accentuées. Pour les autres corps, je pense que la loi se trouvera très généralement exacte (**). »

A cette réserve relative aux premiers corps du tableau, il convient peut-être d'en ajouter une au sujet des deux

(*) Depuis lors, STEFAN MEYER (*loc. cit.*, **69**, p. 246) a examiné du carbone à l'état de diamant et l'a aussi trouvé très faiblement diamagnétique. (Note ajoutée en 1900.)

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. I, 1881, pp. 319 et 322.

ou trois premiers corps de chacune des séries paires : il se pourrait qu'ils fussent diamagnétiques, comme le supposent Koenigsberger et Stefan Meyer. Mais ces auteurs n'ont fait que des observations indirectes (sur les combinaisons de ces éléments); en outre, les déterminations ont eu lieu dans l'air qui, par suite de son paramagnétisme, tend à rendre diamagnétiques les substances qu'on y observe. Pour ces deux motifs, la conclusion relative au diamagnétisme de Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Ba est très incertaine.

Rappelons enfin pour l'aluminium, le silicium (*) et aussi l'étain, dont le paramagnétisme est des plus faibles, qu'il est fort à craindre que les fragments sur lesquels on a expérimenté n'aient renfermé des traces de fer (**). Et l'on sait, comme je le faisais déjà remarquer jadis, que des quantités de ce métal, absolument indécelables à l'analyse chimique, n'en sont pas moins sensibles à l'aimant.

III

Pour terminer, je donnerai ici le tableau des corps simples actuellement connus, rangés dans l'ordre de leurs poids atomiques croissants d'après le système de Mendeléïeff, avec l'indication de leur magnétisme. Les poids atomiques sont ceux de la Table de la Société chimique de Berlin pour 1900; pour les quelques corps (néon, krypton, xénon, gadolinium) qui n'y figurent pas,

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3me sér., t. I, 1881, pp. 321-322.

(**) Stefan Meyer, *loc. cit.,* 68, pp. 328 et 330, s'est assuré lui-même que son silicium et son étain contenaient des traces de fer; de même pour le niobium, l'osmium, le bismuth, le carbone, le titane, le cadmium, le tantale et l'uranium.

j'ai pris le poids atomique adopté par Ostwald (*). Les valeurs du paramagnétisme (+) et du diamagnétisme (—) inscrites immédiatement sous chaque symbole sont données d'après Stefan Meyer (**); les indications mises entre parenthèses ne résultent pas de déterminations directes, mais ont été calculées par lui d'après les valeurs qu'il a obtenues pour certains composés. Je n'ai pas transcrit ses chiffres lorsqu'il s'est borné à accepter ceux de Koenigsberger. Pour le platine, que Stefan Meyer n'a pas examiné, je l'ai noté comme paramagnétique d'après les expériences de Mouton faites sur le platine purifié et privé de fer par Stas (***). Quant aux points d'interrogation, ils se trouvent marqués dans le travail même de Stefan Meyer. Au-dessous de ces valeurs, j'ai noté celles de J. Koenigsberger (IV), qui en a emprunté quelques-unes à Quincke et à Curie; les points d'interrogation sont aussi de lui et les parenthèses ont la même signification que ci-dessus. Comme il ne s'agit pour nous que de valeurs relatives, j'ai multiplié celles de Meyer par 10^5, ce qui les ramène aux mêmes unités que celles de Koenigsberger.

On remarquera que le paramagnétisme énorme attribué à l'erbium par Stefan Meyer ne cadre pas du tout avec sa position dans le système périodique. Mais l'on sait que la nature élémentaire de cette substance et son poids atomique sont très douteux.

(*) *Grundriss*, 3e édit., 1899.

(**) *Loc. cit.*, t. **68**, 1899, pp. 328, 330, 332, et t. **69**, 1899, pp. 246 et 252.

(***) Stas, *Types en platine*, etc. Procès-verbaux du Comité international des Poids et Mesures, séances de 1878. Paris, 1879, p. 14.

(IV) *Loc. cit.*, 1898, t. **66**, p. 732.

Séries.	Groupe O.	Groupe I.	Groupe II.	Groupe III.	Groupe IV.
1		H = 1.01 —			
2	He = 4	Li = 7.03 — très faible. (—)	Be = 9.4 + 720 ?	B = 11 + 50 ?	C = 12.00 — 30 + ?
3	Ne = 20	Na = 23.05 (— 5) (—)	Mg = 24.36 + 14 (—)	Al = 27.1 + +	Si = 28. + 0.01 + ?
4	A = 40	K = 39.15 (— 10) (—)	Ca = 40 (— 5) (—)	Sc = 44.1 ?	Ti = 48.1 + 90 (?)
5	Kr > 45	Cu = 63.6 — — 5.9	Zn = 65.4 — — 9.5	Ga = 70 — ?	Ge = 7 — ?
6	X > 65	Rb = 85.4 (— 20) (—)	Sr = 87.6 (— 20) (—)	Y = 89 + 5200? ?	Zr = 90.7 — 14 (+)
7	—	Ag = 107.93 — — 15.7	Cd = 112.4 — 15 ?	In = 114 (— 10) ?	Sn = 115 + 4? + ?
8	—	Cs = 133 (— 30)	Ba = 137.4 (— 20) (—)	La = 138 + 15000 +	Ce = 140 + 34000 +
9	—	—	—	—	—
10	—	—	—	Yb = 173 + ? ?	—
11	—	Au = 197.2 — — 30.7	Hg = 200.3 — 30 — 48.8 (Quincke).	Tl = 204.1 — — 95	Pb = 206 — — 24.5
12	—	—	—	—	Th = 232.5 + 16000 ? ?

roupe V.	Groupe VI.	Groupe VII.	Groupe VIII.		
= 14.04 ? ?	0 = 16.00 + + (Quincke).	F = 19 (— 10) ?			
Ph = 31.0 — 7 — (Quincke).	S = 32.06 — 11 — 16	Cl = 35.45 (— 20) ?			
= 51.2 170	Cr = 52.1 + +	Mn = 55.0 + +	Fe = 56.1 + +	Ni = 58.7 + +	Co = 59.0 + +
As = 75 ?	Se = 79.4 — — 25.3 (Curie).	Br = 79.96 — — 32.6 (Quincke).			
= 94 190? ?	Mo = 96.0 + 24 + 172	—	Ru = 104.7 + ?	Rh = 103.0 + ?	Pd = 106 + 550
Sb = 120 — 60 — 18.8 (Curie).	Te = 127 — — 38.9	I = 126 85 — 39.5 (Curie).			
= 140.5 Didyme +	Nd = 143.6 +	Sa = 150 + ?	—	Gd = 156 +	—
—	(?) Er = 166 + 41800 (?)	—			
= 183 1030?	W = 184 + 100 + 129	—	Os = 191 + 74 ?	Ir = 193.0 + ?	Pt = 194.8 + (Mouton) + 227
Bi = 208.5 — 203 — 293 (Curie).	—	—			
—	Ur = 239.5 + 210 (+	—	—	—	—

Perpendiculairement à un axe de symétrie existe-t-il toujours une face possible, c'est-à-dire satisfaisant à la loi de rationalité ? — Un axe de symétrie est-il toujours une arête possible ? par G. Cesàro, correspondant de l'Académie.

Ces questions ont été discutées récemment par deux professeurs; l'un d'eux y répond affirmativement dans tous les cas; l'autre donne une réponse négative dans le cas de l'axe ternaire.

Je pense que la réponse dépend de la manière dont on conçoit la loi de rationalité et l'axe de symétrie.

Loi de rationalité géométrique.

Les cristallographes anglais et la plupart des allemands voient dans les cristaux des solides géométriques dont ils ne considèrent que les faces. Pour eux, un cristal est un ensemble de pôles et, du moment qu'une face coupe, sur des axes de paramètres a, b, c, des segments ma, nb, pc tels que *les rapports* $\frac{m}{n}$, $\frac{p}{n}$ sont rationnels, la face est possible dans une *position quelconque*, normalement à la droite qui joint le pôle à l'origine. Une arête est possible lorsqu'elle représente l'intersection de deux faces possibles. Dans ce genre de conception, le mot *point possible* n'a pas de sens : tout point peut servir d'origine et les axes sont trois arêtes possibles menées par ce point.

Quant à l'axe de symétrie, voici la définition en concordance avec les idées précédentes :

Un axe de symétrie est une direction telle que si autour de son pôle on fait tourner, d'un angle déterminé φ, *le pôle d'une face possible quelconque, la position obtenue représente encore le pôle d'une face possible. Si la plus petite valeur de* φ *est* $\frac{2\pi}{n}$, *l'axe est dit de l'ordre* n.

Théorème I. — *Dans tout cristal considéré comme un ensemble de pôles tracés sur une sphère : 1° perpendiculairement à un axe d'ordre pair, il existe toujours une face possible; 2° un axe d'ordre pair est toujours une arête possible.*

1° La première partie est pour ainsi dire évidente. Supposons (fig. 1) le tableau normal à l'axe de symétrie L.

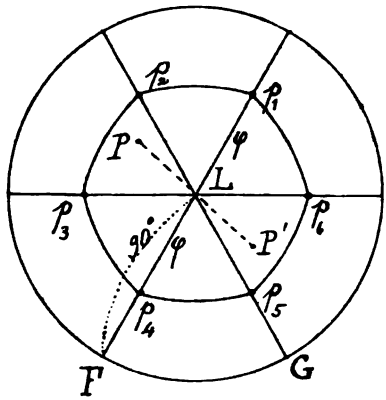


Fig. 1.

Soit p_1 $(h_1k_1l_1)$ le pôle d'une face possible quelconque, p_2 $(h_2k_2l_2)$, p_3 $(h_3k_3l_3)$, etc., les pôles des faces qui

coexistent possiblement avec la première en vertu de la symétrie de l'axe, que nous supposons d'ordre six, pour fixer les idées. Il est clair que le pôle L se trouve à l'intersection de deux cercles de zone tels que $p_1 p_4$, $p_2 p_5$ et que, par conséquent, il représente le pôle d'une face possible.

2° Supposons que la notation de L soit *hkl*. Je dis que le point F, où le cercle $p_1 p_4$ rencontre le cercle d'horizon, est le pôle d'une face possible.

En effet, soit HKL la notation *rationnelle ou non* du plan ayant F comme pôle; appliquons la relation des quatre faces en zone aux pôles p_1, L, p_4, F; il vient

$$\frac{(kh_1 - hk_1)(Kh_4 - Hk_4)}{(h_4 k_4 - k_4 h_4)(Kh - Hk)} = \frac{\sin\varphi \cos\varphi}{\sin 2\varphi} = \frac{1}{2}.$$

On voit que φ disparaît et que, par conséquent, l'équation précédente nous donnera pour $\frac{H}{K}$ une valeur rationnelle; il en sera de même pour $\frac{L}{K}$.

Un second pôle possible se trouvera au point G, intersection du cercle $p_2 p_5$ avec le cercle d'horizon; donc L, qui est l'axe de ce dernier cercle, est une arête possible, intersection des faces F et G.

Observation. — Dans le cas d'un axe de l'ordre deux, on n'aurait qu'un seul cercle $p_1 p_4$ contenant L, mais on se servirait alors d'un second pôle possible P, etc.

Théorème II. — *Si un cristal, considéré comme un ensemble de pôles, possède un axe de symétrie dont l'ordre est impair mais supérieur à trois : 1° perpendiculairement à l'axe il existe une face possible; 2° l'axe est une arête possible.*

Supposons, pour fixer les idées, l'axe d'ordre cinq.

1° En traçant (fig. 2) les cercles de zone p_1p_3, p_2p_5, on obtient en M un pôle possible se trouvant évidemment sur le grand cercle mené par p_4 normalement à p_1p_2; L se trouve donc sur la zone déterminée par les deux faces possibles p_4 et M. On démontrerait de même que le grand cercle p_5L contient, outre p_5, le pôle d'une autre face possible; donc, etc.

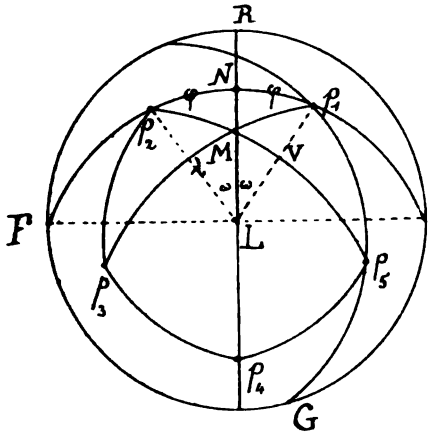


Fig. 2.

2° Le cercle p_4M coupe le cercle p_1p_2 en un pôle possible N(hkl). Si HKL est la notation *rationnelle ou non* du plan ayant pour pôle le point F, intersection du cercle p_1p_2 et du cercle d'horizon, en appliquant la relation des quatre faces en zone à p_1, N, p_2, F et en faisant Np_1 = Np_2 = φ, il vient

$$\frac{(kh_1 - hk_1)(Kh_2 - Hk_2)}{(h_1k_2 - k_1h_2)(Kh - Hk)} = \frac{\sin\varphi\cos\varphi}{\sin 2\varphi} = \frac{1}{2}.$$

On voit que φ disparaît et que l'on obtient pour $\frac{H}{K}$ une valeur rationnelle; il en sera de même pour $\frac{L}{K}$. Un second pôle possible se trouve en G; donc, etc.

Observation. — La démonstration est en défaut dans le cas de l'axe ternaire, car, dans ce cas, le pôle M n'existe plus. Comme les seuls axes d'ordre impair possibles dans les cristaux sont précisément les axes ternaires, on voit que le théorème précédent n'a qu'un intérêt purement géométrique (*).

Théorème III. — *Dans un cristal considéré comme un ensemble de pôles : 1° il peut exister un axe ternaire géométrique sans que perpendiculairement à celui-ci existe une face possible; 2° un axe ternaire géométrique peut ne pas être une arête possible.*

Soit trois axes cristallographiques faisant entre eux des angles égaux et ayant respectivement pour paramètres :

$$a = \sqrt[3]{4}, \quad b = 1, \quad c = \sqrt[3]{2}; \qquad (1)$$

je dis que la direction L, intersection des plans bissecteurs des dièdres formés par les plans coordonnés, est un axe ternaire géométrique, c'est-à-dire que, *si* P (fig. 3) *est le pôle d'une face possible quelconque, les points* P′ *et* P″ *obtenus par rotations successives de 120° autour du pôle* L, *sont aussi les pôles de deux faces cristallines possibles.* En effet, supposons le tableau normal à L et soient X, Y, Z les pôles des axes. Si x, y, z sont les

(*) Voir la note 1, p. 178.

distances angulaires de P à ces pôles, celles de P′ et P″ aux mêmes pôles seront respectivement

$$z, x, y \quad \text{et} \quad y, z, x;$$

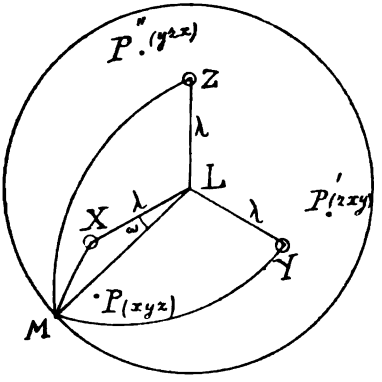


Fig. 3.

si donc $h'k'l'$, $h''k''l''$ sont les notations *rationnelles ou non* des plans dont P′ et P″ sont les pôles, on a

$$\frac{a}{h}\cos x = \frac{b}{k}\cos y = \frac{c}{l}\cos z, \tag{2}$$

$$\frac{a}{h'}\cos z = \frac{b}{k'}\cos x = \frac{c}{l'}\cos y, \tag{3}$$

$$\frac{a}{h''}\cos y = \frac{b}{k'}\cos z = \frac{c}{l''}\cos x. \tag{4}$$

Les équations (3) donnent, en tenant compte de (2) et (1),

$$\frac{h'}{k'} = \frac{a}{b}\cdot\frac{\cos z}{\cos x} = \frac{a}{b}\cdot\frac{al}{hc} = \frac{\sqrt[3]{16}}{\sqrt[3]{2}}\cdot\frac{l}{h} = 2\frac{l}{h}, \tag{5}$$

$$\frac{l'}{k'} = \frac{c}{b}\cdot\frac{\cos y}{\cos x} = \frac{c}{b}\cdot\frac{ak}{bh} = \sqrt[3]{8}\cdot\frac{k}{h} = 2\frac{k}{h}; \tag{6}$$

de sorte que

$$h'k'l' = 2l.h.2k$$

représente une face possible. De même, les équations (4) donnent

$$h''k''l'' = 2k.l.h.$$

Donc L est bien un axe ternaire *tel que l'entendent les cristallographes géométriques*, vu qu'à toute face possible correspondent deux autres faces à indices rationnels formant avec la première un trièdre régulier dont l'axe est parallèle à L.

Or :

1° La face normale à L n'est pas possible : devant couper sur les axes des segments égaux, ses caractéristiques seraient

$$\sqrt[3]{4},\ 1 \text{ et } \sqrt[3]{2}.$$

2° L n'est pas une arête possible. En effet, soit M un point quelconque du cercle d'horizon, *mnp* la notation *rationnelle ou non* du plan dont M est le pôle, X, Y, Z les distances angulaires de M aux pôles des axes. Les triangles MXL, MYL, MZL donnent

$$\cos X = \sin \lambda \cos \omega,$$
$$\cos Y = \sin \lambda \cos (120^\circ - \omega),$$
$$\cos Z = \sin \lambda \cos (120^\circ + \omega),$$

et, en ajoutant,

$$\cos X + \cos Y + \cos Z = 0.$$

Or

$$\frac{a}{m} \cos X = \frac{b}{n} \cos Y = \frac{c}{l} \cos Z;$$

donc

$$\frac{m}{a} + \frac{n}{b} + \frac{p}{c} = 0 \qquad (7)$$

et, dans notre cas,

$$m\sqrt[3]{2} + p\sqrt[3]{4} = -2n.$$

Or il est clair que des valeurs rationnelles de m, n, p ne peuvent vérifier cette équation, car elles rendent le premier membre irrationnel, le second rationnel. Donc il n'existe aucune face à caractéristiques rationnelles parallèle à L.

Observation. — Les conditions nécessaires pour qu'un axe ternaire géométrique puisse exister sans qu'une face normale soit possible, se déduisent des équations (5) et (6) : *il faut et il suffit qu'il existe trois arêtes également inclinées les unes sur les autres, et dont les paramètres* a, b, c *donnent pour* $\frac{a^2}{bc}$ *et* $\frac{b^2}{ac}$ *des nombres rationnels, tout en laissant irrationnels les rapports* $\frac{a}{b}$ *et* $\frac{c}{b}$. Dans les mêmes conditions, l'équation (7) montre que l'axe ternaire n'est pas une arête possible.

Discordance entre les résultats qui précèdent et ceux obtenus par Bravais.

Ce qui précède est en désaccord avec les résultats obtenus par les cristallographes français; il y a un demi-siècle que Bravais a prouvé :

1° Que *tout axe de symétrie est une arête possible;*

2° Que *normalement à un axe de symétrie il existe toujours une face possible.*

Raison de la discordance. — Manque de précision dans l'idée de rationalité géométrique. — Les faces coexistantes des cristallographes géomètres ne sont pas des faces coexistantes.

La raison de la divergence constatée ci-dessus se trouve dans la façon illogique dont les cristallographes géomètres conçoivent un axe de symétrie.

Disons d'abord que la loi de rationalité telle que la conçoivent ces géomètres n'est pas rigoureusement exacte : un plan n'est pas possible n'importe où, dans la masse cristalline, normalement à la droite qui joint l'origine à son pôle ; si cela était, la matière serait continue. Ainsi, il n'est pas vrai de dire que les faces d'un cube peuvent, pendant l'accroissement du cristal, se déplacer n'importe où parallèlement à elles-mêmes, que ses arêtes peuvent prendre des longueurs quelconques : ces *arêtes auront toujours une commune mesure,* très petite, il est vrai, mais finie, commune mesure qui est le côté du cube moléculaire de Haüy ou qui, d'après Bravais, est la distance qui sépare deux centres moléculaires consécutifs dans la file de centres alignés suivant l'arête considérée. Dans aucun cas de croissance inégale, les arêtes d'un cube, ou celles d'un rhomboèdre, ne seront incommensurables entre elles ; deux cristaux de même forme, d'une même substance, développés n'importe comment, auront leurs arêtes homologues commensurables entre elles. Du moment que les paramètres a, b, c sont choisis convenablement, comme il sera dit plus loin, un plan cristallin coupera sur les axes des segments ma, nb, pc, dans lesquels non

seulement les rapports $\frac{m}{n}$, $\frac{p}{n}$, mais les nombres m, n, p eux-mêmes sont rationnels.

L'axe de symétrie géométrique ne répond à rien en cristallographie. Les faces coexistantes des cristallographes géomètres ne coexistent pas. L'imperfection de l'idée géométrique de rationalité n'est que légère; il n'en est pas de même de la conception de l'axe de symétrie, qui est tout simplement *absurde*. Les cristallographes géomètres *admettent* que si les pôles des faces rationnelles d'un cristal sont distribués trois à trois, régulièrement, autour d'un point A de la sphère, de manière qu'une rotation de 120° autour de ce point ramène l'ensemble polaire dans une position que l'on ne saurait distinguer de l'ancienne, *les trois faces situées à égale distance de* A *coexistent*. Et pourquoi? Ce n'est pas certainement parce qu'elles satisfont à la loi de rationalité, car on est loin d'admettre, je pense, la coexistence de toutes les faces à indices rationnels. Est-ce parce que les faces dont il s'agit font des angles égaux avec la droite de pôle A? Mais ce serait donner là, de parti pris, sans aucune raison, du poids à une particularité géométrique choisie arbitrairement : on pourrait tout aussi bien admettre la coexistence des faces rationnelles dont l'une se trouve de A à une distance double de l'autre.

Pour résoudre la difficulté, il suffit de raisonner *en se demandant ce que, logiquement, on doit appeler des faces coexistantes*. Imaginons une masse cristalline dont l'arrangement est tel que, pendant sa rotation autour d'une certaine droite, nous apercevons des régions que *rien* ne saurait faire distinguer l'une de l'autre; ces régions sont équivalentes et, comme *il n'y a aucune raison pour qu'une face qui viendrait à se produire dans l'une de ces régions*

ne se produise pas dans les autres, dans des positions homologues, nous disons logiquement que ces faces sont coexistantes et, logiquement, elles doivent se produire simultanément. L'axe de rotation est appelé *axe de symétrie*.

Les faces coexistantes des cristallographes géomètres ne répondent pas à la condition de coexistence : il est vrai que par une rotation de 120° l'ensemble des pôles est restitué et que pour celui qui s'arrête à regarder la surface de la sphère, comme le fait le cristallographe géomètre, les différentes régions de 120° semblent identiques, mais il n'en est pas de même pour celui qui examine plus profondément. Ainsi, sans recourir aux idées de Bravais qui vont être exposées, nous avons vu plus haut que *l'existence d'un axe ternaire sans face normale possible exige que les paramètres* a, b, c *soient incommensurables* (*); lors de la rotation de 120°, les pôles se superposent aux pôles et rien ne paraît changé à la surface de la sphère; les pôles de trois arêtes du trièdre axial se restituent aussi, X venant en Y, Y en Z et Z en X; mais, comme les trois arêtes elles-mêmes peuvent être distinguées à cause de l'inégalité des paramètres, les trois régions de 120° ne sont pas équivalentes et les faces groupées par trois autour du soi-disant axe ternaire n'ont pas plus de raison de coexister que trois faces rationnelles quelconques. L'axe ternaire donné par le théorème III n'est pas un axe ternaire cristallographique; il est donc absurde de prétendre qu'il puisse exister un axe ternaire cristallographique sans qu'une face normale soit possible.

(*) Voir l'*observation* qui suit le théorème III, p. 169.

Les questions ci-dessus résolues par la théorie de Bravais.

La loi de rationalité et l'existence possible d'une face normale à un axe de symétrie se déduisent parallèlement, et pour ainsi dire immédiatement, d'un principe unique :

Principe de l'homogénéité. On dit qu'un corps est cristallisé ou homogène (*) *lorsque l'arrangement moléculaire y est le même, tout le long* (**) *des droites parallèles contenant des centres moléculaires.*

Forme de l'ensemble des centres moléculaires constituant une masse cristallisée. Si l'on joint un centre moléculaire quelconque O à un centre *voisin* A, OA $= a$, sur la droite ainsi obtenue, par le principe d'homogénéité, on trouvera une infinité de centres moléculaires équidistants de a. Si l'on prend une file parallèle *telle qu'entre les deux files il n'y ait pas de centre moléculaire,* et que l'on joigne O à un centre quelconque B de la seconde file, OB $= b$, on voit, toujours en vertu du même principe, que dans le plan déterminé par les deux files, il existe une infinité de centres cristallins, *tous* disposés aux sommets de parallélogrammes égaux de côtés a et b. En prenant pour axes

(*) J'exclus les corps amorphes des corps vraiment homogènes, parce qu'il est facile de voir qu'il ne peut exister un corps homogène présentant le même arrangement moléculaire suivant toutes les directions.

(**) Il ne faut pas dire : « en tous les points d'une même droite », parce qu'il y a des points qui ne sont pas occupés par des centres moléculaires; et il ne faut pas dire que l'arrangement est le même « suivant toutes les directions parallèles », parce que parmi les droites parallèles il y en a qui ne contiennent pas de centres moléculaires.

OA et OB, tout centre cristallin du plan aura pour coordonnées ma, nb, m et n étant des *entiers;* tout point qui *ne remplit pas cette condition n'est pas un point possible.* De l'identité d'arrangement des files cristallines parallèles, on conclut évidemment à l'identité d'arrangement des plans cristallins parallèles; si l'on considère un plan cristallin parallèle à xy, *tel qu'entre les deux plans il n'existe pas de centre moléculaire,* et que l'on joigne O à un centre quelconque C de ce plan, $OC = c$, on voit facilement que *tous* les centres moléculaires possibles occupent les sommets de parallélipipèdes égaux de côtés a, b, c. Si l'on prend OC pour axe des z, on voit que tout centre cristallin a pour coordonnées ma, nb, pc, m, n et p étant des *entiers,* et que *tout point qui ne remplit pas cette condition n'est pas un point possible.*

Arête possible. — C'est celle qui contient une infinité de centres moléculaires. Une droite qui passe par un centre moléculaire peut ne pas être possible, mais *deux* centres déterminent sa possibilité, en vertu du principe d'homogénéité.

Plan possible. — Un plan passant par un ou deux centres moléculaires peut ne pas être possible, mais *trois* centres non en ligne droite en déterminent une infinité d'autres, par le principe d'homogénéité, situés dans un même plan avec eux.

Loi de rationalité. — Si l'on considère un plan passant par les trois centres (ma, nb, pc), $(m'a, n'b, p'c)$, $(m''a, n''b, p''c)$, on trouve qu'il coupe sur les axes coordonnés des segments Ma, Nb, Pc, M, N et P étant des nombres rationnels. Réciproquement, si M, N et P sont rationnels, la face est possible *par déplacement parallèle* (*), car on

(*) Voir note 2, p. 178.

peut rendre ainsi les coefficients de a, b, c entiers et elle se trouve alors déterminée par trois centres cristallins situés chacun sur un axe coordonné.

Axe de symétrie. — C'est une droite telle que si la masse cristallisée tourne autour d'elle d'un angle φ, l'arrangement cristallin interne après rotation est identique à celui qui existait auparavant. On démontre que φ est commensurable avec la circonférence. Si $\frac{2\pi}{n}$ est le plus petit angle donnant la restitution, on dit que l'axe de symétrie est de l'ordre n, et il est représenté par Λ^n.

Théorème I. — *Perpendiculairement à un* Λ^n, *il existe toujours une face possible.*

Si $n > 2$, le théorème est pour ainsi dire évident. En effet, si A est un centre cristallin extérieur à l'axe, des rotations successives $\frac{2\pi}{n}$ donneront encore au moins deux centres B, C, qui, avec A, déterminent un plan cristallin normal à Λ^n.

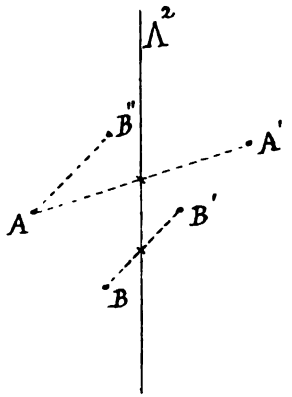


Fig. 4.

Si $n = 2$, on n'aurait par rotation de A (fig. 4) qu'un

seul centre A′; mais un autre centre B donnera B′ et, en menant AB″ égale et parallèle à BB′, d'après le principe d'homogénéité, B″ sera un centre. Donc, etc.

THÉORÈME II. — *Un* A^n *est toujours une arête possible.*

Nous donnerons la démonstration dans le cas du A^3. Considérons un axe ternaire passant (*) par un centre cristallin quelconque A; soit B un centre extérieur à l'axe, C, D les centres obtenus par rotations de 120° de B autour de l'axe. Si, sur les arêtes égales AB, AC, AD, nous construisons le parallélipipède, en vertu du principe d'homogénéité, tous les sommets de ce parallélipipède seront occupés par des centres cristallins; or le sommet E opposé à A appartient évidemment à l'axe ternaire; donc cet axe est une arête possible déterminée par les deux centres A et E.

Observation. — Même lorsqu'il s'agit d'un axe ternaire polaire, du moment qu'une face normale est possible, l'axe est une arête possible. En effet, si (fig. 2) p_1, p_2, p_4 sont les pôles de trois faces possibles se correspondant autour de l'axe L, comme L et p_4 sont des pôles possibles, N l'est aussi et, par conséquent, F représente une face possible parallèle à L, etc.

CONCLUSION.

Je suis heureux d'avoir trouvé l'occasion de montrer par cette note à quoi l'on s'expose en plaçant un voile sphérique entre l'œil et l'intérieur du cristal et n'exami-

(*) On démontre d'abord que la parallèle menée à un A^n par un centre cristallin est un axe de symétrie de l'ordre kn ($k \geqq 1$).

nant que les pôles : on est amené jusqu'à *admettre l'identité de conditions de génération* pour des faces rationnelles *rien que par le fait d'avoir leurs pôles groupés d'une façon régulière autour d'un point de la sphère.*

Il est grand temps que l'on revienne en cristallographie aux idées des savants français qui ont fondé cette science; il existe actuellement un courant néfaste tendant à jeter l'oubli sur des idées si simples et si saines : dans des traités tout récents, *le nom de Bravais n'est pas même cité.*

A propos de la nouvelle méthode qui consiste à laisser de côté les systèmes cristallins et à étudier séparément les trente-deux groupes possibles dans les cristaux, je tiens à déclarer que j'ignorais cette tendance lorsque, en 1896, je publiai (*) mon mémoire : *Des polyèdres superposables à leur image,* mémoire dans lequel je termine en démontrant (p. 40) qu'il n'y a que trente-deux groupes possibles dans les cristaux : je ne me proposais guère de contribuer par ce mémoire à détruire les systèmes cristallins. L'étude des groupes sans qu'ils soient réunis en systèmes est un procédé antiphilosophique rappelant *les procédés empiriques de certains collectionneurs* : l'hémiédrie, si clairement et si simplement expliquée par Bravais, est de nouveau rejetée dans le domaine géométrique; l'explication de l'inégalité physique de certains solides hémiédriques conjugués comparée à leur superposabilité géométrique, devient impossible.

(*) *Mém. cour. et Mém. des sav. étr.* publiés par l'Académie royale de Belgique, t. LIII.

Note I.—Comme suite au théorème II (pp. 164 et 165), on peut démontrer que l'axe de symétrie polaire d'ordre cinq ne peut exister dans les cristaux. En effet, le point R (fig. 2), où LM coupe le cercle d'horizon, est un pôle possible; si l'on applique la relation des quatre faces en zone aux pôles L, M, N et R, on trouve

$$\frac{\operatorname{tg} LM}{\operatorname{tg} LN} = m,$$

m étant une quantité rationnelle. Or

$$\operatorname{tg} LM = \frac{\operatorname{tg} LV}{\cos \omega} = \frac{\operatorname{tg} \lambda \cos 2\omega}{\cos \omega},$$

$$\operatorname{tg} LN = \operatorname{tg} \lambda \cos \omega;$$

donc

$$\frac{\operatorname{tg} LM}{\operatorname{tg} LN} = \frac{\cos 2\omega}{\cos^2 \omega} = 2 - \frac{1}{\cos^2 \omega}$$

Par conséquent, pour que l'axe de symétrie puisse exister, *il faut que* $\cos^2 \omega$ *soit rationnel*, ce qui n'a pas lieu pour l'axe quinaire, vu que

$$\omega = 36^\circ \text{ et } \cos^2 36^\circ = \frac{1}{8}(3 + \sqrt{5}).$$

Note II. — On peut se demander dans quel cas un plan (Ma, Nb, Pc), M, N et P étant des quantités rationnelles, représente un plan cristallin dans la position même où il se trouve. Réduisons M, N, P *au plus petit numérateur commun* et soit

$$M = \frac{\alpha}{m}, \quad N = \frac{\alpha}{n}, \quad P = \frac{\alpha}{p}.$$

L'équation du plan dont il s'agit est

$$m\frac{x}{a} + n\frac{y}{b} + p\frac{z}{c} = \alpha.$$

Pour qu'il représente un plan cristallin, il faut *et il suffit*, à cause du principe d'homogénéité, qu'il contienne un centre cristallin de coordonnées Xa, Yb, Zc, les quantités X, Y et Z représentant des entiers, c'est-à-dire il faut que l'équation

$$mX + nY + pZ = \alpha \qquad (1)$$

admette une solution entière. Distinguons deux cas :

1° m, n et p sont *premiers entre eux*. On sait que, dans ce cas, l'équation (1) admet une infinité de solutions entières et le plan est un plan cristallin ;

2° m, n et p ont *un facteur premier commun*. Comme ce facteur *ne divise pas* α, l'équation n'admet pas de solution entière et le plan ne contient pas de centres cristallins.

En résumé, pour qu'un plan rationnel (Ma, Nb, Pc) soit un plan cristallin, il faut et il suffit qu'en réduisant M, N, P au plus petit numérateur commun, les dénominateurs obtenus soient premiers entre eux.

—

EXPÉDITION ANTARCTIQUE BELGE. — *Note préliminaire sur les observations magnétiques faites pendant le voyage du S. Y. Belgica en 1897-1898 et 1899;* par G. Lecointe, commandant en second de l'Expédition.

A. *Mesure de la déclinaison.* — Sur la banquise, l'appareil de Neumayer a été seul employé pour la mesure de la déclinaison.

Comme les observations au sextant faisaient connaître très exactement l'état absolu des montres par rapport au

temps local, il était possible de calculer avec précision l'azimut vrai d'un astre, à une heure chronométrique donnée.

La déclinaison se déduisait ainsi de la différence algébrique des azimuts vrais et magnétiques à une heure chronométrique observée.

En calculant l'azimut vrai en fonction de l'heure locale, on obtenait un résultat plus exact qu'en faisant usage du théodolite de Brunner, dont le maniement est trop compliqué pour donner de bons résultats sur la banquise.

B. *Mesure de la composante horizontale.* — La remarque précédente, concernant l'usage du théodolite pour la mesure de la déclinaison, est *a fortiori* vraie s'il s'agit de l'observation de la composante horizontale. Comme les pointes des trépieds s'enfonçaient peu à peu, et avec des vitesses différentes, dans la glace, comme de plus la banquise était toujours en mouvement, l'instabilité de l'instrument enlevait toute valeur aux mesures faites au théodolite. Si l'on compare les résultats fournis par le théodolite avec ceux indiqués par l'appareil de Neumayer, les comparaisons sont tout à l'avantage de ce dernier instrument. Avec l'appareil de Neumayer, la composante horizontale s'obtenait par la mesure de l'angle de déflection que produit un ou plusieurs barreaux aimantés, situés à des distances constantes du pivot et occupant des positions perpendiculaires à l'aiguille.

Cette méthode des déflecteurs suppose que le moment magnétique des aimants demeure constant. Il n'existe

pas de méthode précise permettant de déterminer sur la banquise, les lois de variation des moments magnétiques.

C. *Mesure de l'inclinaison.* — La grande sensibilité de la boussole de Gambey n'a pu être utilisée régulièrement à cause des mouvements de la glace. Nous prenions cependant la précaution de nous déplacer le moins possible à proximité de l'instrument. Les lectures de chacune des pointes étaient faites vers l'est et vers l'ouest, puis on retournait l'aiguille face pour face; enfin on recommençait l'opération après avoir renversé les polarités. On obtenait ainsi seize chiffres qui différaient les uns des autres, mais dont la moyenne approchait de la valeur obtenue par l'appareil de Neumayer.

Avec ce dernier, les lectures se faisaient directement dans le méridien magnétique, ou par la méthode des plans perpendiculaires, ou encore dans un azimut faisant un angle de 10° avec le méridien magnétique. Les aiguilles ont été retournées face pour face, mais leur polarité n'a pas été renversée afin de leur conserver, dans la limite du possible, un moment magnétique constant, nécessaire à la détermination de la composante verticale.

Observations de DÉCLINAISONS *à l'aide du compas étalon de* Thomson *et de l'appareil de* Neumayer.

DATES.	Latitudes.	Longitudes O. de Greenwich en degrés.	Longitudes O. de Greenwich en temps.	Heures moyennes locales.	Températures.	Déclinaisons N. E.
2 mars 1898. . . .	71°34′45″	88°50′45″	5h 55m 23s	4h 10m soir	— 13°,2	38°56′
25 avril.	70 50 15	92 21 30	6 09 26	10 45 —	— 24 5	36 51
14 juin	71 04 00	86 03 00	5 44 12	2 00 —	— 23 7	35 34
22 —	70 56 15	83 30 00	5 34 00	3 50 —	— 27 2	34 04
9 juillet	70 54 15	88 19 00	5 53 16	2 40 —	— 32 6	37 04
21 —	70 35 15	86 34 15	5 46 17	8 00 —	— 29 3	35 38
2 septembre. . . .	70 00 15	82 45 00	5 31 00	2 50 —	— 23 0	33 13
2 —	—	—	—	8 40 —	— 28 5	33 19
3 —	69 58 45	82 38 45	5 30 35	7 40 —	— 23 0	33 28
7 —	69 54 00	82 35 15	5 30 21	4 00 —	— 33 3	33 06
9 —	69 51 00	82 36 15	5 30 25	7 10 —	— 38 5	33 11
13 —	69 50 15	83 03 00	5 32 12	4 50 —	— 32 7	33 17
22 —	70 22 45	82 31 00	5 30 04	3 20 —	— 4 8	33 40
23 —	70 24 30	82 37 00	5 30 28	4 00 —	— 13 1	33 45
26 —	70 21 15	82 52 15	5 31 29	3 00 —	— 15 2	33 58
29 —	70 21 00	82 39 00	5 30 36	4 20 —	— 19 5	33 45
7 octobre.	70 30 30	82 48 00	5 31 12	9 10 matin	— 14 5	33 42
8 —	70 23 30	82 46 45	5 31 07	9 00 —	— 15 1	33 12

10 octobre.	70 09 15	82 42 30	5 30 50	8 45 —	— 6 2	33 29
16 —	69 59 00	80 54 15	5 23 37	9 05 —	— 6 0	33 16
22 —	69 55 00	80 31 00	5 22 04	8 30 —	— 16 0	32 11
24 —	69 43 00	80 50 30	5 23 22	8 40 —	— 19 3	32 00
25 —	69 38 45	80 36 30	5 22 26	8 10 —	— 19 8	31 55
29 —	69 38 00	80 35 30	5 22 22	8 10 —	— 15 7	31 50
2 novembre. . . .	69 51 15	81 23 45	5 25 35	8 40 —	— 13 0	32 21
20 —	70 06 00	82 30 30	5 30 02	3 30 soir	— 4 2	33 03
25 —	70 25 00	83 27 00	5 33 48	8 10 matin	— 2 7	33 39
28 —	70 19 45	83 23 15	5 33 33	5 30 soir	— 2 4	33 46
9 décembre. . . .	69 50 30	82 45 00	5 31 00	5 45 —	— 1 9	32 51
12 —	69 49 15	82 46 45	5 31 07	5 40 —	— 3 1	32 53
20 —	70 15 00	84 06 15	5 36 25	4 50 —	— 1 4	34 19
22 —	70 18 30	84 51 00	5 39 24	5 00 —	— 0 9	34 33
27 —	70 20 15	85 52 00	5 43 28	4 25 —	+ 2 7	34 30
29 —	70 15 00	85 51 15	5 43 25	5 30 —	+ 0 3	34 43
31 —	70 01 30	85 20 15	5 41 21	5 30 —	— 2 5	34 19
2 janvier 1899 . . .	69 52 00	85 13 30	5 40 54	5 20 —	— 1 6	34 22
7 — . . .	69 52 00	85 32 15	5 42 09	8 10 matin	— 3 2	34 21
9 février	70 37 30	92 54 30	6 11 38	5 50 soir	— 1 8	38 20
10 —	70 33 45	93 17 00	6 13 08	7 45 matin	— 6 8	38 20
19 —	70 29 45	94 12 15	6 16 49	3 50 soir	— 0 8	39 16
2 mars	70 53 00	97 16 45	6 29 07	9 15 matin	+ 0 6	40 41
2 —	70 53 00	97 16 15	6 29 05	3 45 soir	+ 0 2	40 32
4 —	70 53 45	97 55 00	6 31 40	9 40 —	— 10 4	41 07
12 —	70 56 00	100 17 30	6 41 10	9 30 matin	— 12 5	41 47

*Observations d'*INCLINAISONS *à l'aide de la boussole de* Gambey *et de l'appareil de* Neumayer.

DATES.	Latitudes.	Longitudes O. de Greenwich en degrés.	Longitudes O. de Greenwich en temps.	Heures moyennes locales.	Températures.	Inclinaisons moyennes.	Observations.
29 mai 1898 . . .	71° 23′ 45″	87° 35′ 00″	5h 50m 20s	8h	— 25°0	70°,07′	
31 —	71 36 00	87 38 30	5 50 34	5 00 —	— 9 0	70 14	
1 juin.	71 25 15	86 55 15	5 47 41	11 30 matin	— 28 1	69 38	
3 —	71 23 00	87 22 15	5 49 29	midi	— 27 4	69 18	
14 —	71 04 00	86 03 00	5 44 12	midi	— 21 1	69 02	
22 —	70 56 15	83 30 00	5 34 00	3 40 soir	— 27 2	68 09	
9 juillet	70 54 15	88 19 00	5 53 16	2 45 —	— 32 6	69 15	
21 —	70 35 15	86 34 15	5 46 17	8 00 —	— 29 3	69 23	
2 septembre . .	70 15 00	82 45 00	5 31 00	2 45 —	— 23 0	68 38	Aurore polaire.
2 — . .	—	—	—	9 30 —	— 28 5	67 16	
3 — . .	69 58 45	82 38 45	5 30 35	11 00 matin	— 15 6	67 52	
4 — . .	—	—	—	2h à 3h du soir	— 20 5	68 03	

4 — . .	—	—	—	3h 00m soir	— 20 5	68 07	
4 — . .	—	—	—	4 30 —	— 20 3	67 45	
7 — . .	69 54 00	82 35 15	5 30 21	4 30 —	— 33 3	67 45	
9 — . .	69 51 00	82 36 15	5 30 25	2h à 3h du soir	— 33 7	68 23	
9 — . .	—	—	—	4h 30m soir	— 32 2	68 16	Aurore polaire.
13 — . .	69 50 15	83 03 00	5 32 12	3 00 —	— 33 0	67 58	
22 — . .	70 22 45	82 31 00	5 30 04	4 00 —	— 4 9	68 13	
23 — . .	70 24 30	82 37 00	5 30 28	4 30 —	— 13 1	67 56	
26 — . .	70 24 15	82 52 15	2 31 29	2h à 3h du soir	— 15 2	68 06	
26 — . .	—	—	—	3h 45m soir	— 15 2	68 07	
29 — . .	70 21 00	82 39 00	5 30 36	10 30 matin	— 21 5	68 10	
29 — . .	70 30 30	—	—	2h30 à 3h50 soir	— 18 1	68 22	
7 octobre . . .	70 30 00	82 48 00	5 31 12	10h 00m matin	— 13 1	68 20	
8 — . . .	70 23 30	82 46 45	5 31 07	9 30 —	— 15 1	68 17	
10 — . . .	70 09 15	82 42 30	5 30 50	9 30 —	— 6 2	68 02	
16 — . . .	69 59 00	80 54 15	5 23 37	9 30 —	— 6 0	67 40	
22 — . . .	69 55 00	80 31 00	5 22 04	9 00 —	— 16 0	67 22	
24 — . . .	69 43 00	80 50 30	5 23 22	9 00 —	— 19 3	67 32	
25 — . . .	69 38 45	80 36 30	5 22 26	8 45 —	— 19 8	67 13	

*Observations d'*INCLINAISONS *à l'aide de la boussole de* Gambey *et de l'appareil de* Neumayer (*suite*).

DATES.	Latitudes	Longitudes O. de Greenwich en degrés.	Longitudes O. de Greenwich en temps.	Heures moyennes locales.	Températures.	Inclinaisons moyennes.	Observations.
29 octobre . . .	69° 38′ 00″	80° 35′ 30″	5h 22m 22s	de 10h30 à 11h15 matin	— 12°2	67°,37′	
29 — . . .	—	—	—	11h 00m matin	— 12 2	67 22	
2 novembre. . .	69 51 15	81 23 45	5 25 35	9 30 —	— 13 0	68 22	
10 — . . .	70 09 00	82 35 15	5 30 21	10 00 —	— 5 2	68 17	
20 — . . .	70 06 00	82 30 30	5 30 02	3 30 soir	— 4 2	68 07	
25 — . . .	70 25 00	83 27 00	5 33 48	9 00 matin	— 2 7	68 40	
28 — . . .	70 19 45	83 23 15	5 33 33	5 45 soir	— 2 4	68 20	
9 décembre. . .	69 50 30	82 45 00	5 31 00	5 30 —	— 1 9	67 40	
12 — . . .	69 49 15	82 46 45	5 31 07	5 45 —	— 3 1	67 52	
20 — . . .	70 15 00	84 06 15	5 36 25	4 40 —	— 1 4	68 26	
22 — . . .	70 18 30	84 51 00	5 39 24	5 20 —	— 0 9	68 44	
27 — . . .	70 20 15	85 52 00	5 43 28	5 00 —	+ 2 7	68 31	

29 — . . .	70 15 00	85 51 15	5 43 25	6h45 à 7h15 soir	+ 0 3	69 35	
29 — . . .	—	—	—	7h 00m soir	— 0 3	68 30	
31 — . . .	70 01 30	85 20 15	5 41 21	5 00 —	- 2 5	68 32	
2 janvier 1899. .	69 52 00	85 13 30	5 40 54	5 30 —	- 1 6	68 27	
7 — . . .	69 52 00	85 32 15	5 42 09	9 00 matin	— 2 8	68 27	
9 — . . .	70 37 30	92 54 30	6 11 38	7 15 soir	— 2 0	70 09	
10 février. . . .	70 33 45	93 17 00	6 13 08	8 00 matin	- 6 8	70 30	
10 —	—	—	—	7h15 à 8h soir	— 4 5	70 14	
10 —	—	—	—	8h à 8h30 —	— 4 5	70 22	
10 —	—	—	—	8h 00m —	— 4 5	70 27	
19 —	70 29 45	94 12 15	6 16 49	3 30 —	— 0 8	70 07	
2 mars	70 53 00	97 16 45	6 29 07	9 30 matin	+ 0 6	71 17	
2 -	—	—	—	3 30 soir	+ 0 2	71 15	
4 —	70 53 45	97 55 00	6 31 40	10 30 —	— 10 4	71 17	
6 —	70 50 45	97 57 00	6 31 48	10 00 matin	— 6 7	71 32	
12 —	70 56 00	100 17 30	6 41 10	9 30 —	— 12 3	71 56	
29 —	53 09 38	70 54 00	4 43 36	2 30 soir	+ 11 0	50 44	Punta Arenas.
29 —	—	—	—	2 50 —	+ 11 5	50 38	Idem.
4 avril	53 09 38	70 54 00	4 43 36	10 00 matin	+ 10 8	50 47	Idem.
1er mai	53 09 38	70 54 00	4 43 36	11 00 —	+ 10 2	50 36	Idem.

Observations de la COMPOSANTE HORIZONTALE, *à l'aide du compas étalon de* Thomson, *du théodolite magnétique de* Brunner *et de l'appareil de* Neumayer.

DATES.	Latitudes.	Longitudes O. de Greenwich		Heures moyennes locales.	Températures.	Composante horizontale.	Observations.
		en degrés.	en temps.				
23 mars 1898 . .	71°34′45″	88°50′45″	5h 55m 23s	4h soir	— 13°,2	0,20673	
8 avril	70 53 04	Voir carte de la dérive.		4 —	— 20 1	0,20931	
14 —	Voir carte de la dérive.			de 10h30 à 11h matin	— 14 6	0,20308	Le 14 avril, le soir, aurore polaire caractéristique.
14 —	—	—	—	—	—	0,21679	
14 —	—	—	—	—	—	0,20840	
14 —	—	—	—	—	—	0,20840	
14 —	—	—	—	—	—	0,21679	
14 —	—	—	—	de 4h à 4h45 soir	— 17 9	0,20897	
14 —	—	—	—	—	—	0,21011	
14 —	—	—	—	—	—	0,21362	
14 —	—	—	—	—	—	0,21543	
14 —	—	—	—	de 4h45 à 5h30 soir.	— 18 1	0,22774	

14 —	—	—	—	—	—	0,22435	
14 —	—	—	—	—	—	0,21728	
14 —	—	—	—	—	—	0,22913	
14 —	—	—	—	—	—	0,21641	
15 —	Voir carte de la dérive.			3h soir	— 21 2	0,20706	
15 —	—	—	—	3 —	— 21 2	0,20706	Théodolite.
21 —	71 02 00	92 03 15	6h 08m 13s	8 —	— 17 1	0,20346	
25 —	70 50 15	92 21 30	6 09 26	10 —	— 24 3	0,20432	Le 25 avril, aurore polaire.
30 —	70 43 30	90 30 45	6 02 03	10 —	— 14 1	0,20818	
4 mai	70 33 30	89 22 00	5 57 28	7 matin	— 14 0	0,20960	
16 —	71 34 30	89 10 00	5 56 40	4 soir	— 12 2	0,20717	
29 —	71 23 45	87 35 00	5 50 20	8h 50m soir	— 25 0	0,20853	
31 —	71 36 00	87 38 30	5 50 34	4 50 —	— 9 0	0,21010	
1er juin	71 25 15	86 55 15	5 47 41	11 15 —	— 28 1	0,21031	
1er —	—	—	—	4 50 —	— 28 1	0,20825	
3 —	71 23 00	87 22 15	5 49 29	11 50 matin	— 27 4	0,20956	
14 —	71 04 00	86 03 00	5 44 12	11 50 —	— 21 1	0,21232	
22 —	70 56 15	83 30 00	5 34 00	3 30 soir	— 27 2	0,21593	
9 juillet . . .	70 54 15	88 19 00	5 53 16	2 45 —	— 32 6	0,21060	
21 —	70 35 15	86 34 15	5 46 17	8 00 —	— 29 3	0,21347	

Observations de la COMPOSANTE HORIZONTALE, *à l'aide du compas étalon de* Thomson, *du théodolite magnétique de* Brunner *et de l'appareil de* Neumayer (*suite*).

DATES.	Latitudes.	Longitudes O. de Greenwich en degrés.	Longitudes O. de Greenwich en temps.	Heures moyennes locales.	Températures.	Composante horizontale.	Observations.
2 septembre 1898.	70° 00′ 15″	82° 45′ 00″	5h 31m 00s	2h 45m soir	— 23°,0	0,22275	
2 — . .	—	—	—	9 30 —	— 28 5	0,22195	Le 2 septembre, le soir, aurore polaire intense.
3 — . .	69 58 45	82 38 45	5 30 35	10 45 matin	— 17 3	0,22197	
4 — . .	—	—	—	2 20 soir	— 20 2	0,22156	
4 — . .	—	—	—	5 00 —	— 20 2	0,22179	
4 — . .	—	—	—	5 15 —	— 20 2	0,23181	
4 — . .	—	—	—	5 30 —	— 20 2	0,22226	
7 — . .	69 54 00	82 35 15	5 30 21	4 00 —	— 33 3	0,22228	
7 — . .	—	—	—	4 10 —	— 33 3	0,22226	
9 — . .	69 51 00	82 36 15	5 30 25	4 30 —	— 31 0	0,21860	Observations douteuses. Le soir, aurore polaire.
9 — . .	—	—	—	4 50 —	— 31 5	0,21973	
13 — .	69 50 15	83 03 00	5 32 12	3 30 —	— 29 0	0,22161	

22 — . .	70 22 45	82 31 00	5 30 04	3 30 —	— 4 8	0,22003	
23 . .	70 24 30	82 37 00	5 30 26	4 00 —	— 13 1	0,22003	
26 — . .	70 21 15	82 52 15	5 31 29	de 1h à 2h30 soir	— 15 6	0,21748	Théodolite.
26 — . .	—	—	—	3h 30m soir	— 15 2	0,22029	
26 — . .	—	—	—	—	—	0,22038	
29 — . .	70 21 00	82 39 00	5 30 36	de 2h30 à 3h50 soir	— 18 1	0,24123	Théodolite.
29 — . .	—	—	—	3h soir	— 18 1	0,22024	
7 octobre . . .	70 30 30	82 48 00	5 31 12	9h 30m matin	— 14 5	0,21954	
8 — . . .	70 23 30	82 46 45	5 31 07	9 15 —	— 15 1	0,21895	
10 — . . .	70 09 15	82 42 30	5 30 50	9 00 —	— 6 5	0,22094	
16 — . . .	69 59 00	80 54 15	5 23 37	9 00 —	— 5 7	0,22375	
22 — . . .	69 55 00	80 31 00	5 22 04	8 45 —	— 16 2	0,22460	
24 — . . .	69 43 00	80 50 30	5 23 22	8 50 —	— 19 2	0,22498	
25 — . . .	69 38 45	80 36 30	5 22 26	8 30 —	— 18 3	0,22547	
29 — . . .	69 38 00	80 35 30	5 22 22	8 30 —	— 14 7	0,22536	
29 — . . .	—	—	—	11 00 —	— 12 7	0,22536	
29 — . . .	—	—	—	—	—	0,22486	
29 — . . .	—	—	—	de 10h à 11h30 matin	— 12 7	0,22811	Théodolite.
2 novembre . .	69 51 15	81 23 45	5 25 35	de 2h45 à 3h15 soir	— 6 2	0,22421	Théodolite.
2 — . .	—	—	—	3h soir	—	0,22391	

Observations de la COMPOSANTE HORIZONTALE, *à l'aide du compas étalon de* Thomson, *du théodolite magnétique de* Brunner *et de l'appareil de* Neumayer (*suite*).

DATES.	Latitudes	Longitudes O. de Greenwich en degrés.	Longitudes O. de Greenwich en temps.	Heures moyennes locales.	Températures.	Composante horizontale.	Observations.
10 novembre 1898.	70° 09′ 00″	82° 35′ 15″	5h 30m 21s	3h soir	— 7°,8	0,22804	
20 — . .	70 06 00	82 30 30	5 30 02	4 —	— 4 2	0,22197	
25 . .	70 25 00	83 27 00	5 33 48	8h 30m matin	— 2 6	0,21782	
28 — . .	70 19 45	83 23 15	5 33 33	5 30 soir	— 4 6	0,21929	
9 décembre . .	69 50 30	82 45 00	5 31 00	5 45 —	— 1 9	0,22207	
12 — . .	69 49 15	82 46 45	5 31 07	6 00 —	— 3 2	0,22301	
20 — . .	70 15 00	84 06 15	5 36 25	5 00 —	— 1 3	0,22019	
22 — . .	70 18 30	84 51 00	5 39 24	5 00 —	— 0 9	0,21919	
27 — . .	70 20 15	85 52 00	5 43 28	4 30 —	+ 2 0	0,22044	
29 — . .	70 15 00	85 51 15	5 43 25	de 4h à 5h15 soir	+ 2 3	0,21835	Théodolite.
29 — . .	—	—	—	5h soir	+ 2 3	0,21919	
31 — . .	70 01 30	85 20 15	5 41 21	5h 30m soir	— 3 0	0,22003	

2 janvier 1899 .	69 52 00	85 13 30	5 40 54	5 00 —	— 1 0	0,21891	
7 — . . .	69 52 00	85 32 15	5 42 09	8 00 matin	— 3 2	0,21851	
9 février . . .	70 37 30	92 54 30	6 11 38	6 00 soir	— 2 0	0,20671	
10 — . . .	70 33 45	93 17 00	6 13 08	7 45 matin	— 6 5	0,20559	
10 — . . .	—	—	—	de 5h à 6h15 soir	— 4 0	0,20495	Théodolite.
10 — . . .	-	—	—	6h soir	— 4 0	0,20628	
10 — . . .	—	—	—	6 —	— 4 0	0,20596	
19 — . . .	70 29 45	94 12 15	6 16 49	3 —	— 0 8	0,20745	
2 mars	70 53 00	97 16 45	6 29 07	9 matin	+ 0 6	0,19922	
2 —	—	97 16 15	6 29 05	4 soir	+ 0 2	0,19998	
4 —	70 53 45	97 53 00	6 31 40	10 —	— 10 4	0,19787	
6 —	70 50 45	97 57 00	6 31 48	10 matin	— 6 7	0,19699	
12 —	70 56 00	100 17 30	6 41 10	9h 15m matin	— 12 5	0,19477	
4 avril	53 09 38	70 54 00	4 43 36	de 11h matin à midi	+ 10 8	0,27860	Théodolite.
4 —	—	—	—	11h matin	+ 10 8	0,27792	
4 —	—	—	—	11 —	+ 10 8	0,27788	
1er mai	53 09 38	70 54 00	4 43 36	de 11h matin à midi	+ 5 8	0,27840	Théodolite.
1er —	—	—	—	11h 30m matin	+ 5 8	0,27909	Punta Arenas.
1er —	-	—	—	11 30 —	+ 5 8	0,27905	

GERLACHEA AUSTRALIS, *Poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition antarctique belge* (communication préliminaire); par M. Louis Dollo, conservateur au Musée royal d'histoire naturelle, à Bruxelles.

I. — INTRODUCTION.

Ainsi que je l'annonçais à l'Académie, dans ma communication du 3 février dernier (1), je viens aujourd'hui lui présenter la description d'un autre Poisson abyssal (2) nouveau, découvert par la *Belgica*.

Entrant dans la voie qui nous a été tracée par plusieurs Expéditions océaniques célèbres (3), je nommerai ce Poisson : *Gerlachea australis*.

---

(1) L. DOLLO, *Cryodraco antarcticus, Poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition antarctique belge* (communication préliminaire). BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (SCIENCES), 3 février 1900.

(2) J'adopte ici, de même que dans mon précédent travail, la ligne de 100 fathoms comme limite supérieure de la faune ichthyologique abyssale, ainsi que l'a fait M. A. Günther, et cela justement pour les raisons que fournit le savant collaborateur du *Challenger* (A. GÜNTHER, *Report on the Deep-Sea Fishes*. VOYAGE OF H. M. S. CHALLENGER. Zoology, vol. XXII, 1887, p. II).

(3) *Naresia*, W. Thomson, 1874, Bryozoaire, appelé de ce nom en l'honneur du capitaine Nares, commandant du *Challenger*. — *Sigsbeia*, Lyman, 1878, Échinoderme, désigné de cette manière en l'honneur du capitaine Sigsbee, commandant du *Blake*.

Gerlachea, en souvenir du commandant de Gerlache, le vaillant officier de marine belge qui conçut et exécuta, malgré les énormes difficultés à vaincre, une exploration qui fait tant d'honneur au pays.

Australis, pour rappeler l'hémisphère dans lequel eut lieu cette exploration.

II. — Diagnose.

Gerlachea, g. n.

Corps, allongé, très légèrement comprimé.

Queue, diminuant graduellement de hauteur en arrière.

Tête, déprimée, au museau très allongé, très étroit et spatuliforme.

Fente buccale, pas très grande (ne s'étendant que sur la moitié de la longueur du museau), horizontale, avec mâchoire inférieure proéminente.

Yeux, grands, latéraux, séparés par un espace concave moindre que le demi-diamètre de l'un d'eux.

Peau, écailleuse. Écailles, extrêmement petites, cycloïdes, imbriquées.

Lignes latérales, au nombre de deux. La première, le long du dos, au voisinage de la base de la nageoire dorsale, depuis la tête jusqu'un peu au delà de la terminaison de cette nageoire, et prenant fin, sans s'infléchir, avant l'origine de la nageoire caudale. La deuxième, très courte, irrégulière (beaucoup plus longue à droite qu'à gauche), le long de la face ventrale de la queue, au voisinage de la base de la nageoire anale, commençant à 10 (côté droit) ou 15 millimètres (côté gauche) de l'origine

de cette nageoire, et se prolongeant sur une longueur de 20 (côté gauche) à 30 millimètres (côté droit) seulement.

Nageoire dorsale, unique, très longue. Prend naissance bien loin en avant de l'anus (presque au-dessus de la base des nageoires pectorales) et ne s'arrête que peu avant l'origine de la nageoire caudale.

Nageoires ventrales, jugulaires.

Nageoires pectorales, avec rayons branchus.

Dents des mâchoires, très faibles, villiformes. Pas de dents au palais.

Opercule, inerme, et bordé d'une expansion cutanée.

Rayons branchiostèges, au nombre de six.

Membranes branchiostèges, soudées à l'isthme et unies entre elles presque jusqu'à la verticale du bord postérieur de l'œil.

Branchies, au nombre de quatre.

Pseudobranchies, absentes.

Branchiospines, excessivement courtes, rudimentaires.

Gerlachea australis, sp. n.

D. 47; C. 20; A. 35; P. 28; V. I 5.

La hauteur du corps est comprise un peu plus de deux fois et demie dans la longueur de la tête.

La longueur de la tête est contenue trois fois et un tiers environ dans la longueur du corps (nageoire caudale exclue).

L'œil est situé à peu près au milieu de la longueur de la tête, mais plutôt un peu en arrière. Son diamètre est égal au cinquième de la longueur de la tête.

La face supérieure de la tête est nue, et aussi l'oper-

cule, mais la joue est revêtue d'écailles extrêmement petites, semblables à celles qui couvrent le reste du corps.

La nageoire dorsale commence à une distance de l'occiput considérablement moindre que celle qui sépare l'occiput du bout du museau. Elle n'est pas très élevée (aucun rayon n'atteint en longueur la hauteur du corps), et guère plus basse derrière que devant. Sa couleur est noirâtre.

La nageoire anale est incolore. Ses rayons sont plus longs et plus épais que ceux de la nageoire dorsale : cependant, aucun d'eux n'égale la hauteur du corps. Son origine correspond à la verticale du quatorzième rayon de la nageoire dorsale.

La nageoire caudale est tronquée. Sa membrane interradiale est noire, mais ses rayons sont incolores, quoique chargés de nombreux points pigmentaires noirs.

La nageoire pectorale est très large et arrondie en arrière. Elle atteint le quatrième rayon de la nageoire anale. Sa membrane interradiale est incolore. Il en est de même des rayons : seulement, ils portent une infinité de minuscules taches noires.

La nageoire ventrale mesure un peu plus des deux tiers de la nageoire pectorale. Sa membrane interradiale est incolore, avec quelques rares taches noires, toutes petites, le long des rayons. Le plus externe de ceux-ci est entièrement noir; le plus interne, parfaitement incolore; les autres, intermédiaires (le deuxième et le troisième, à compter du dehors, noirs à l'extrémité libre et à la base, et noirâtres entre les deux).

Les écailles montrent de minimes taches noires, plus ou moins nombreuses suivant l'endroit du corps; pourtant, pas beaucoup plus nombreuses vers le dos que vers

le ventre. Néanmoins, en certaines régions, ces taches deviennent si abondantes et si serrées que les écailles en sont complètement noires. Et ces groupes d'écailles noires forment des dessins à la surface du corps : trois Y, équidistants, sur la queue; un A, de l'anus à la base des nageoires pectorales; une tache, de chaque côté de son sommet, sur la ligne latérale supérieure.

Selon M. E.-G. Racovitza, naturaliste de l'Expédition, le Poisson, au moment de la capture, était gris-bleu avec des bandes noires, et la région operculaire était d'un blanc irisé.

III. — Dimensions.

Voici maintenant les dimensions les plus importantes de l'unique spécimen rencontré pendant toute la durée du voyage de la *Belgica* :

	Millimètres.
Longueur totale (nageoire caudale comprise)	180
Longueur du corps (nageoire caudale exclue)	160
Longueur de la tête	47
Longueur du museau	21.50
Largeur du museau (au niveau des narines)	7
Diamètre de l'œil	9.40
Longueur de la nageoire pectorale	35
Longueur de la nageoire ventrale	24
Longueur de la nageoire caudale	20
Distance de l'extrémité du museau à l'origine de la nageoire dorsale	60
Distance de l'extrémité du museau à l'anus	82
Hauteur du pédoncule caudal	7

IV. — Habitat.

Océan Antarctique : 71°34′ lat. S. et 89°10′ long. W. (chiffres approximatifs et provisoires).

Profondeur : 500 mètres.

N° 331, pris au faubert II, le 12 mai 1898.

V. — Comparaison systématique.

Gerlachea australis, comme *Cryodraco antarcticus*, appartient à la famille des *Trachinidæ*.

Mais les seuls genres de cette famille auxquels il soit utile de le comparer sont : *Bathydraco*, *Bembrops*, *Chœnichthys* et *Cryodraco*.

1. *Bathydraco* (1), Günther, 1878. Se différencie de *Gerlachea* en ce qu'il a le museau plus large, une fente buccale s'étendant sur toute la longueur du museau, des yeux énormes, les écailles cachées dans la peau, une seule ligne latérale à mi-hauteur du corps et atteignant la nageoire caudale, une nageoire dorsale et une nageoire anale élevées, dix rayons branchiostèges, des membranes branchiostèges libres, un opercule écailleux et une coloration ne comportant pas de dessins.

2. *Bembrops* (2), Steindachner, 1876. Se différencie de

---

(1) A. Günther, *Deep-Sea Fishes*, etc., p. 47.

(2) F. Steindachner, *Ichthyologische Beiträge* (*V*). Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wiss. Wien, vol. LXXIV, 1876, p. 211.

— G. B. Goode and T. H. Bean, *Oceanic Ichthyology* (*Blake, Albatross, Fish Hawk*). Smithsonian Contributions to Knowledge, vol. XXX, 1895, p. 290. — *Hypsicometes*.

— A. Alcock, *A Descriptive Catalogue of the Indian Deep-Sea Fishes in the Indian Museum* (*Investigator*). Calcutta, 1899, p. 48.

Gerlachea en ce qu'il a le museau large et court, une fente buccale s'étendant sur toute la longueur du museau, des yeux plus ou moins tournés vers le haut, de grandes écailles, une seule ligne latérale descendant dans la moitié inférieure du corps et atteignant la nageoire caudale, deux nageoires dorsales fonctionnelles, des dents sur le palais, un opercule armé et écailleux, des membranes branchiostèges libres et des pseudobranchies.

3. *Chœnichthys* (1), Richardson, 1844. Se différencie de *Gerlachea* en ce qu'il a le museau très large, une fente buccale énorme s'étendant jusque sous l'œil, la peau nue, pas de ligne latérale ventrale, deux nageoires dorsales fonctionnelles, un opercule armé et des pseudobranchies.

4. *Cryodraco* (2), Dollo, 1900. Se différencie de *Gerlachea* en ce qu'il a le museau large, une fente buccale très grande se prolongeant jusqu'à la verticale du centre de l'œil, des mâchoires égales, des yeux énormes, la peau nue, trois lignes latérales, deux nageoires dorsales (une rudimentaire et une fonctionnelle), des nageoires ventrales démesurément allongées, les dents des mâchoires cardiformes, un opercule armé et des pseudobranchies.

Il résulte de ce qui précède que la création du genre *Gerlachea* est entièrement justifiée.

---

(1) J. Richardson, *Fishes*. Voyage of H. M. S. Erebus and Terror. Zoology, Part II, 1844, p. 12.

(2) L. Dollo, *Cryodraco antarcticus*, etc., p. 4.

VI. — Caractères adaptatifs.

Outre le museau spatuliforme et le développement des yeux, qui sont évidemment des caractères adaptatifs, je noterai encore ici, comme un caractère de même nature, l'*extrême petitesse des écailles*, en relation, d'ailleurs, avec l'*allongement du corps*.

En effet, les Poissons au corps étiré et aux écailles minuscules marquent simplement une phase de la transformation en types anguilliformes et à peau nue. Phase qui s'est reproduite bien des fois dans les groupes les plus divers. Ce qui prouve, sans conteste, son caractère adaptatif.

Et l'on voit la diminution des écailles accompagner l'allongement du corps, non seulement chez les Téléostéens (où le cas est fréquent), mais aussi chez les Ganoïdes [*Calamoichthys* (1)] et même chez les Dipneustes [*Lepidosiren* (2)].

Puis, après la réduction [chez les Physoclystes : *Amphipnous* (3), — comme chez les Physostomes : *Anguilla* (4)],

---

(1) J. A. Smith, *Description of Calamoichthys, a new Genus of Ganoid Fish from Old Calabar, Western Africa; forming an addition to the Family Polypterini.* Trans. Roy. Soc. Edinburgh, vol. V, 1866, p. 657.

(2) L. Dollo, *Sur la phylogénie des Dipneustes.* Bull. Soc. belge Géol., vol. IX, 1895, pl. V, fig. 1.

(3) F. Day, *The Fishes of India.* Londres, 1878-1888, p. 655.

(4) A. Günther, *An Introduction to the Study of Fishes.* Édimbourg, 1880, p. 671.

— la disparition complète des écailles [chez les Physoclystes : *Symbranchus* (1), — comme chez les Physostomes : *Conger* (2)].

Au surplus, les Téléostéens qui sont nus ne sont pas en voie d'acquérir des écailles : au contraire, ils les ont perdues.

La chose est certaine. Car les écailles sont plus anciennes que les Téléostéens, puisqu'elles existent déjà chez les Ganoïdes.

Et ce sont bien phylogéniquement les mêmes écailles, attendu que : d'une part, on trouve sur certains Ganoïdes [*Trissolepis* (3)], simultanément, des écailles ganoïdes, des écailles cycloïdes et, avec elles, des écailles cténoïdes; et, en second lieu, sur certains autres [*Ætheolepis* (4)], on rencontre tous les passages, de la tête à la queue, entre l'écaille ganoïde et l'écaille cycloïde.

La paléontologie démontre donc que les Téléostéens qui sont nus le sont secondairement.

Ainsi, les écailles, si réduites, de *Gerlachea* sont en rapport avec l'allongement du corps et sont une phase vers la disparition de l'écaillure.

Un pas de plus, et les écailles seront encroûtées dans la peau, comme chez l'Anguille. Encore un autre, et elles se seront complètement évanouies, comme chez le Congre.

---

(1) A. Günther, *An Introduction*, etc., p. 669.

(2) A. Günther, *An Introduction*, etc., p. 673.

(3) A. Fritsch, *Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens*. Prague, 1893, III, 2, pl. 112, fig. 2.

(4) A. S. Woodward. *The Fossil Fishes of the Talbragar Beds*. Mem. Geol. Surv. New South Wales. Palæontology, 1895, pl. IV.

Et, justement, nous avons des *Trachinidæ* qui sont nus : tels *Chœnichthys* et *Cryodraco*, par exemple.

Pourtant, il n'est pas impossible que ceux-ci aient perdu leurs écailles sans traverser un stade anguilliforme, les écailles étant parties, là où elles manquent, de plus d'une façon [*Odontostomus* (1), *Carpe cuir* (2)].

Chœnichthys esox (3), Günther, indique bien, cependant, une tendance vers les types anguilliformes.

Pour résoudre le problème, il faudrait pouvoir répondre à la question : *Chœnichthys rhinoceratus* (4), Richardson, et *Chœnichthys georgianus* (5), Fischer, sont-elles des espèces *raccourcies*, ou *Chœnichthys esox*, Günther, une espèce *allongée? A priori*, une alternative n'est pas plus invraisemblable que l'autre.

Mais je reviendrai là-dessus dans mon travail *in extenso*.

VII. — Rapports phylogéniques.

De même que *Cryodraco* est une sorte de *Chœnichthys* évolué, de même *Gerlachea* est un *Bathydraco* allongé.

En effet, *Bathydraco* n'a que trente-six rayons à la nageoire dorsale, et *Gerlachea* en a quarante-sept ; *Bathy-*

---

(1) A. Günther, *Catalogue of the Fishes in the British Museum*, vol V. Londres, 1864, p. 417.

(2) A. Günther, *An Introduction*, etc., p. 591.

(3) F. A. Smitt, *Poissons de l'Expédition Nordenskiöld à la Terre de Feu*. Bihang till K. Svenska Vet. Akad. Handlingar, vol. XXIV, 1898, p. 7.

(4) J. Richardson, *Fishes*, etc., p. 12.

(5) J. G. Fischer, *Ichthyologische und herpetologische Bemerkungen*. Naturhist. Museum z. Hamburg, 1885, p. 50.

draco n'a que trente et un rayons à la nageoire anale, et *Gerlachea* en a trente-cinq.

Ces chiffres montrent qu'en passant de *Bathydraco* à *Gerlachea* il y a eu multiplication du nombre des segments (1).

Et comme ces segments se sont plus accrus pour la nageoire dorsale que pour la nageoire anale, nous sommes à même de déterminer la région du corps où l'intercalation a eu lieu : c'est immédiatement en avant de l'anus.

Autre chose. Puisqu'il y a onze rayons de plus dans la nageoire dorsale de *Gerlachea* que dans celle de *Bathydraco*, et puisque l'intercalation ne s'est probablement pas faite un rayon à la fois (car où l'avantage de fixer des variations trop minimes?), on saisit ici que l'évolution a dû se produire, non insensiblement (comment, d'ailleurs, introduire moins d'un rayon ?), mais par sauts, par variations individuelles d'assez grande amplitude (elles existent, chacun le sait, et ce sont celles d'amplitude excessive que l'on appelle monstruosités) : *l'évolution est donc discontinue* (2).

VIII. — Distribution géographique.

Chœnichthys-Cryodraco et *Bathydraco-Gerlachea* sont deux couples qui forment un petit groupe naturel parmi les *Trachinidæ*.

---

(1) « The numbers of the dorsal and anal rays generally correspond to the number of vertebræ in a certain portion of the spine. » (A. Günther, *An Introduction*, etc., p. 44.)

(2) L. Dollo, *Les lois de l'évolution*. Bull. Soc. belge Géol., vol. VII, 1893, p. 164.

Chœnichthys (1) et *Bathydraco* (2) ont été recueillis à l'*extérieur* du cercle polaire antarctique; *Cryodraco* et *Gerlachea*, à l'*intérieur* de ce cercle.

Cryodraco et *Gerlachea* sont même les premiers Poissons ramenés de l'intérieur du cercle polaire antarctique, et c'est à l'Expédition antarctique belge que nous devons ce résultat.

Comme ils sont plus spécialisés que *Chœnichthys* et que *Bathydraco*, il semble qu'ils représentent, de la part des *Trachinidæ*, une tendance à la colonisation vers le pôle sud.

Par contre, on ne connaît pas de *Trachinidæ* à l'intérieur du cercle polaire arctique, car *Trichodon* (3) est originaire du Kamtschatka.

La découverte de *Gerlachea* à l'intérieur et non loin du cercle polaire antarctique est, comme celle de *Cryodraco*, une nouvelle preuve de la fréquence des *Trachinidæ* au voisinage de ce cercle, alors que la famille en question est remplacée par les *Cottidæ* (4) dans la zone arctique correspondante.

De même que pour *Cryodraco*, je donnerai des figures

---

(1) *C. rhinoceratus*, Richardson : Ile Kerguelen; *C. georgianus*, Fischer : Géorgie du Sud; *C. esox*, Günther : Terre de Feu.

(2) *B. antarcticus*, Günther : au sud de Heard Island, vers 61° lat. S.

(3) A. Günther, *Catalogue*, etc., vol. II. Londres, 1860, p. 250.

(4) A. Günther, *Report on the Shore Fishes*. Voyage of H. M. S. Challenger. Zoology, vol. I, 1880, p. 14.

de *Gerlachea* dans la publication définitive de l'*Expédition antarctique belge*.

Et, en attendant, j'aurai l'honneur de présenter prochainement à l'Académie la description du *Racovitza glacialis*.

—

Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous (deuxième communication), par Ad. Vandenberghe, préparateur à l'Université de Gand.

I. — *Le phénomène de dissociation dans les associations moléculaires* (suite) (*).

Étude ébullioscopique de l'association moléculaire de l'acide benzoïque et de l'acétanilide dans les bromures d'éthyle, de propyle et d'isobutyle.

Ces trois bromures ont été purifiés par distillation fractionnée.

Pour le bromure d'éthyle, j'ai pris comme constante moléculaire 33. Les constantes moléculaires pour les deux autres bromures ont été déterminées expérimentalement en étudiant l'élévation du point d'ébullition produite par le camphre bromé M = 251, et en appliquant aux résultats obtenus la formule

$$K = M \frac{L(t' - t)}{p}.$$

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 11, pp. 657-679; 1899.

CAMPHRE BROMÉ M = 251.

p	$t' - t$	K
Dissolvant : 27gr,15 de bromure de propyle *n*.		
1.603	0.90	38.15
2.924	1.65	38.44
4.266	2.38	38.1
d'où $K = \frac{38.15 + 38.44 + 38.1}{3} = 38.3$		
Dissolvant : 23gr,2 de bromure d'isobutyle.		
1.273	0.87	40.0
2.249	1.63	42.2
4.461	3.15	41.1
d'où $K = \frac{40.0 + 42.2 + 41.1}{3} = 41.1$		

38.3 et 41.1 sont donc les constantes moléculaires respectives du bromure de propyle *n* (point d'ébullition : 71) et du bromure d'isobutyle (point d'ébullition : 92).

Voici maintenant les résultats obtenus pour l'acide benzoïque et l'acétanilide dissous dans les trois bromures alcooliques.

Acide benzoïque M = 122.

g	D	°/oo	$t' - t$	m	$\frac{2M}{100}$	d
Dissolvant : 33gr,8 de bromure d'éthyle Pt 39 Co.						
0.599	1.4134	24.4	0.24	243	10.0	0.0
1.245	»	50.0	0.51	237	20.5	0.6
2.464	»	95.9	0.98	247	39.3	-0.3
3.959	»	151.0	1.55	243	61.9	0.0
Dissolvant : 30gr,6 de bromure de propyle Pt 71 Co.						
0.494	1.35	21.2	0.31	200	8.7	1.9
1.342	»	56.9	0.795	212	23.3	3.5
2.370	»	97.6	1.335	222	40.0	3.7
3 804	»	149.5	2.045	233	61.1	2.9
Dissolvant : 22gr,15 de bromure d'isobutyle Pt 92 Co.						
0.636	1.1456	30.7	0.85	138	13.0	10.7
1.524	»	73.9	1.80	159	30.3	16.2

Acétanilide M = 135.

g	D	%	$t' - t$	m	$\frac{3M}{100}$ (*)	d
Dissolvant : 31gr,15 de bromure d'éthyle.						
0.462	1.4134	25.0	0.26	187	6.2	3.6
0.915	»	40.5	0.41	235	10.0	3.5
1.857	»	79.0	0.59	332	19.5	2.2
Dissolvant : 30 grammes de bromure de propyle.						
0.579	1.35	26.7	0.43	166	6.6	4.7
1.343	»	60.3	0.80	207	14.9	7.2
2.246	»	98.0	1.09	254	24.2	7.2
3.634	»	151.8	1.50	300	37.5	6.6
Dissolvant : 24gr,4 de bromure d'isobutyle.						
0.729	1.1456	33.2	8.76	162	8.2	7.1
1.631	»	72.5	1.40	190	17.9	10.2
2.538	»	108.1	1.82	233	26.7	9.8

(*) Les poids moléculaires obtenus étant supérieurs à une molécule double, j'ai été amené à admettre dans l'acétanilide des groupements de trois molécules simples.

Les résultats de ces deux séries de déterminations sont représentés graphiquement dans les figures 1 et 2.

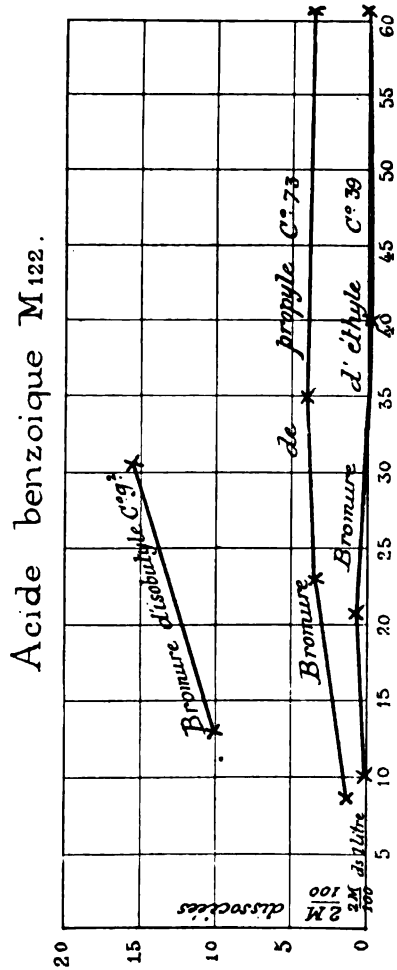


FIG. 1.

Nous voyons donc que la série des bromures alcooliques se comporte comme la série des alcools eux-mêmes. Ici encore la dissociation des assemblages moléculaires augmente au fur et à mesure que s'élève le point d'ébullition du dissolvant.

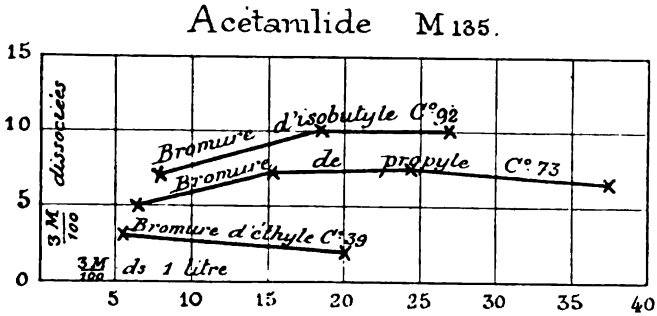


FIG. 2.

K. Auwers vient de publier dans le *Zeitschrift für physikalische Chemie* (*) le travail de Smith que j'ai analysé dans ma précédente communication. Il y ajoute les recherches cryoscopiques faites par W. Bartsch. Ce dernier a étudié l'association moléculaire du p. et m. nitrophénol, du p. et m. oxybenzoate de méthyle, la p. et m. oxybenzaldéhyde et de l'o. p. m. cyanphénol respectivement dans le p. dichlorbenzol (point de fusion : 53 C°), le p. chlorbrombenzol (point de fusion : 67 C°) et le p. dibrombenzol (point de fusion : 80 C°).

(*) *Zeitschrift für physikalische Chemie,* Band XXX, Heft 2, S. 300.

J'ai reproduit dans les figures suivantes (fig. 3 à 11) les courbes obtenues par Bartsch, me demandant si ici encore je retrouverais la même relation entre la température de fusion et le degré de dissociation. Les résultats obtenus prouvent clairement qu'il en est ainsi, et nous montrent que plus la température est élevée, moins il y a association moléculaire.

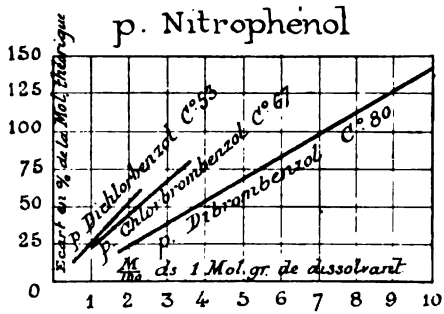


Fig. 3.

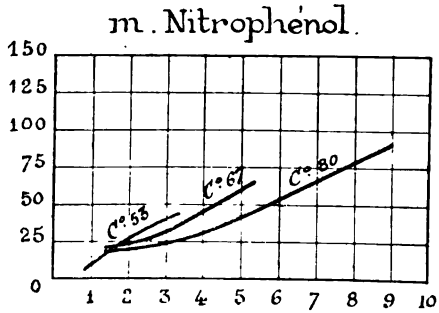


Fig. 4.

p. Oxybenzoate de méthyle.

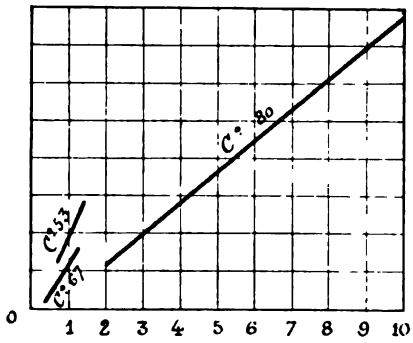


FIG. 5.

m. Oxybenzoate de méthyle.

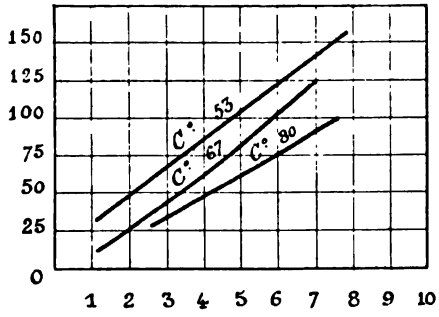


FIG. 6.

p Oxybenzaldéhyde.

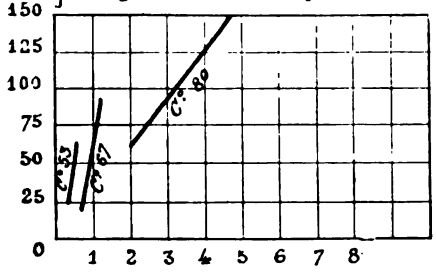


FIG. 7.

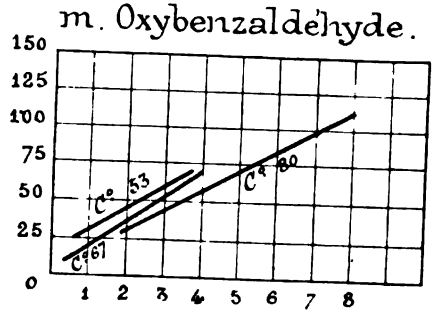

m. Oxybenzaldehyde.
150
125
100
75
50
25
0
1 2 3 4 5 6 7 8
C° 53
C° 80
C° 67

Fig. 8.

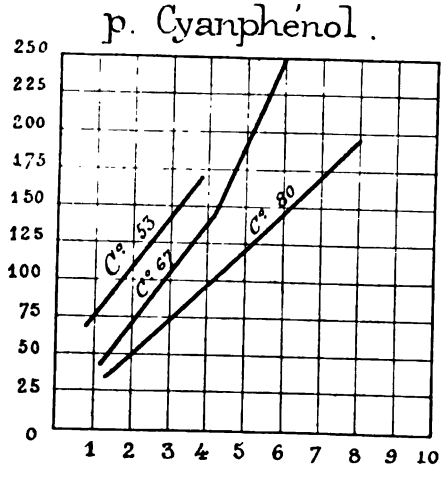

p. Cyanphénol.
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
C° 53
C° 67
C° 80

Fig. 9.

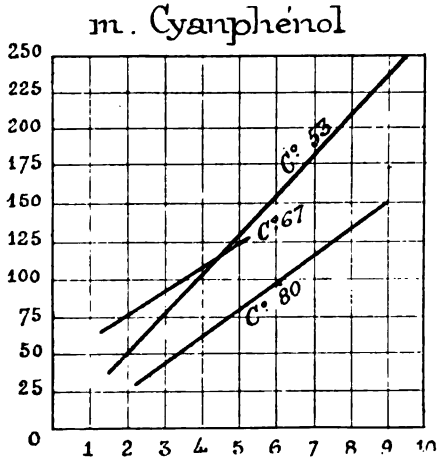


FIG. 10.

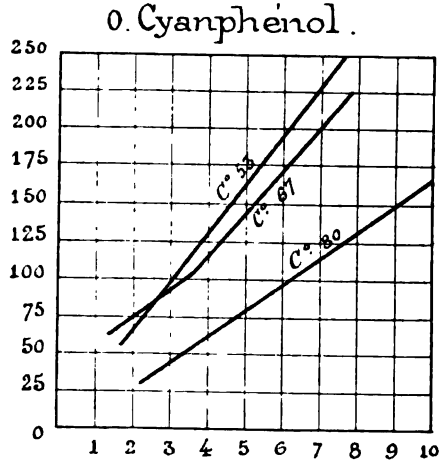


FIG. 11.

J'ai déjà eu l'occasion de faire remarquer que, d'une façon générale, il n'existe pas de relation simple entre le degré de dédoublement moléculaire et la température

d'ébullition ou le point de fusion du dissolvant. Nous sommes donc obligés d'admettre que le dissolvant joue un rôle actif. Aussi Auwers, dans le travail cité plus haut, conclut-il : « Il paraît résulter de l'ensemble des recherches cryoscopiques que l'état cryoscopique d'un corps déterminé dissous dans un dissolvant déterminé est le résultat de deux facteurs, donnés par sa propre constitution et par celle du dissolvant (*). »

Je crois avoir établi par cette série de recherches que l'association moléculaire tend à se détruire par l'élévation de température dans les essais cryoscopiques et ébullioscopiques. L'importance de la dissociation dépend évidemment de la nature individuelle des substances observées, comme elle dépend de la température et de la nature du dissolvant. L'influence de cette dernière peut être telle, qu'elle masque l'influence de la température. Mais quand on emploie des dissolvants appartenant à une même série, et dont par conséquent la constitution chimique est sensiblement la même, les perturbations dues à la nature individuelle du dissolvant tendent à s'effacer et l'influence dissociante de la température au point de fusion ou d'ébullition apparaît dans toute sa netteté et peut être comparée à ce qu'on observe chez les gaz.

Université de Gand. Laboratoire de chimie générale de M. le professeur Th. Swarts.
Le 1er février 1900.

(*) K. Auwers, *loc. cit.* « Aus der Gesamtheit der kryoskopischen Forschungen scheint hervorzugehen, dass das kryoskopische Verhalten eines beliebigem Lösungsmittel das Produkt zweier Faktoren ist, die durch eigene Konstitution und die Konstitution des Lösungsmittels gegeben werden. »

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Fraipont (*Julien*). Les néolithiques de la Meuse. I : Types de Furfooz. Bruxelles, 1900 ; extr. in-8° (81 p. et 5 pl.).

Dollo (*L.*). Expédition antarctique belge. Cryodraco antarcticus, Poisson abyssal nouveau recueilli par cette Expédition (communication préliminaire). Bruxelles, 1900; extr. in-8° (12 p.).

Vincent (*J.*). L'emploi des cerfs-volants en météorologie. Bruxelles, 1900; extr. in-12 (49 p.).

Pâque (*E.*). Cours de botanique par A. Bellynck, S. J. Troisième édition entièrement remaniée et mise au courant des découvertes récentes, seconde partie. Namur, 1899; in-8°.

Somzée (*Léon de*) et *Somzée* (*Côme de*). Les précurseurs de Nernst. Paris, 1900; extr. in-8° (3 p.).

Somzée (*Léon de*). Discours prononcé à la Chambre des Représentants, dans la séance du 20 février 1900, sur l'adoption, en Belgique, du système international d'unités électriques. (Trois colonnes des *Annales parlementaires*.)

Ministère de l'Industrie et du Travail. Carte géologique de la Belgique au 40 000e : Wortel-Weelde, Poppel, Beeringen-Houthaelen, Wervicq-Menin, Les Trois-Pipes-Ploegsteert, Huy-Nandrin, Harzé-La Gleize, Odeigne-Bihain, Willerzie-Gedinne, Tintigny-Étalle, Sterpenich, Meix-devant-Virton-Virton, Saint-Léger-Messancy.

État Indépendant du Congo. Annales du Musée du Congo. Zoologie, 1re série, I, 5.

Allemagne.

Koelliker (*A.*). Sur l'entrecroisement des pyramides chez les Marsupiaux et les Monotrèmes. Paris, 1899; extr. in-8° (14 p., figures).

Bamberg. *Naturforschende Gesellschaft*. XVII. Bericht, 1899.

Berlin. *Kön. technische Hochschule*. Rede zur Feier der Jahrhundertwende, am 9. Januar 1900 (A. Riedler).

— Rede zum Geburtsfeste seiner Majestät des Kaisers und Königs Wilhelm II, am 26. Januar 1900 (A. Riedler).

Vienne. *K. K. Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus*. Jahrbücher, 1897. In 4°.

Berlin. *Centralbureau der internationalen Erdmessung*. Bericht ueber den Stand der Erforschung der Breitenvariation am Schlusse des Jahres 1899 (T. Albrecht). 1900; 4°.

Amérique.

Cambridge. *Museum of Comparative Zoölogy*. Memoirs, vol XXIV; text and plates. 1899; 2 vol. in-4°.

Buenos-Ayres. *Oficina meteorologica argentina*. Anales, tomo XII. 1898; in-4°.

Castro (Juan, José). Estudio sobre los ferrocarriles Sud-Americanos y las grandes lineas internacionales. Montevideo, 1893; gr. in-8°.

France.

Hamy (*E.-T.*). Note sur les silex taillés d'Eul-Ché-San-Hao (Mongolie). Paris, 1898; extr. in-8° (3 p.).

— Note sur des œufs d'autruche provenant de stations préhistoriques du Grand Erg. Paris, 1898; extr. in-8° (3p.).

— Note sur une hache en quartzite du type de Saint-

Acheul trouvée dans l'État libre d'Orange. Paris, 1899; extr. in-8° (3 p.).

Hamy (E.-T.). Note sur des instruments de pierre taillée provenant du Bordj-Inifel, Sahara algérien. Paris, 1899; extr. in-8° (3 p.).

— La grotte du Kakimbon à Rotoma, près Konakry (Guinée française). Paris, 1899; extr. in-8° (3 p.).

— Crâne perforé de Tarahumar de la Cueva de Picachic (Chihuahua). Paris, 1899; extr. in-8° (2 p.).

Ducretet (E.). Catalogue raisonné, 3e partie: Électricité. Paris, 1900; in-8° (271 p.).

Berger (Émile). Sur une nouvelle loupe binoculaire. Paris, 1899; extr. in-4° (3 p.).

Bordeaux. *Académie des sciences, belles-lettres et arts.* Actes, 1896.

— *Société des sciences physiques et naturelles.* Procès-verbaux, 1898-1899.

— *Commission météorologique de la Gironde.* Observations pluviométriques et thermométriques, 1898-1899 (G. Royet).

Lyon. *Muséum d'histoire naturelle.* Archives, t. VII. 1899; in-4°.

Paris. *Académie de médecine.* Rapports annuels de la Commission permanente de l'hygiène de l'enfance (Dr Charpentier), 1898. Broch. in-8°.

— Rapport sur les vaccinations et revaccinations, pratiquées en France et dans les colonies, 1897. Broch. in-8°.

— *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique,* publié par Alfred Giard, t. XXXII, 1899.

— *Observatoire.* Atlas photographique de la lune exécuté par MM. Loewy et Puiseux, 4e fascicule, texte et planches.

Ministère de l'Instruction publique. Carte photographique du ciel. Zone + 1 : feuilles 38, 50, 54. Zone + 3: feuilles 10, 11, 14, 15, 19, 20, 32, 35, 37, 46, 49, 52, 56, 62, 65, 66, 70, 73, 95, 102, 104, 106, 169, 172. Zone + 24: feuilles 1,

2, 4, 6, 13-17, 49, 58-60, 62, 67-69, 72, 79, 82, 85, 86, 91, 98, 170. Zone + 4: feuilles 174.

ROUEN. *Académie des sciences naturelles.* Bulletin, 1898.

TOULOUSE. *Université.* Annuaire, 1899-1900.

— *Observatoire.* Annales, t. III. 1899; in-4°.

—

GRANDE-BRETAGNE.

Mac Intosh (William-Carmichoel). A monograph of the british annelids, part 2. Londres, 1900; in-4°.

LONDRES. *The nautical almanac,* 1903. Édimbourg, vol. in-8°.

— *British Association for the advancement of science.* Report of the 69th meeting, held at Dover in 1899.

—

PALERME. *Società di scienze naturali ed economiche.* Giornale, vol. XXII, 1899; in-4°.

NAPLES. *Accademia Pontaniana.* Atti, XXIX. 1899.

—

PAYS DIVERS.

Ferron (Eug.). Esquisse historique des hypothèses principales sur la constitution intérieure des corps. Luxembourg, 1900; in-8° (30 p., fig.).

BOIS-LE-DUC. *Genootschap van kunsten en wetenschappen.* Nieuwe catalogus van oorkonden en handschriften. 1900.

BATAVIA. *Genootschap van kunsten en wetenschappen.* Register op de Notulen over de jaren 1889-1898 (Van der Chijs). 1899.

— Dagh-Register gehouden int Casteel Batavia, anno 1672 en 1637.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 4.

Séance du 7 avril 1900.

M. Ch. Lagrange, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, Alfred Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Fr. Deruyts et Paul Pelseneer, *correspondants.*

M. le lieutenant général J. De Tilly, *vice-directeur* de la Classe, télégraphie de Namur pour exprimer ses

regrets de ne pouvoir assister à la séance, à cause de la mort de son frère, le général-major Julien-Charles De Tilly, gouverneur de la position fortifiée de Namur. M. le Secrétaire perpétuel adressera d'urgence à M. Joseph De Tilly les condoléances de la Classe.

— M. Éd. Van Beneden propose de voter des remerciements à M. le Secrétaire perpétuel, qui a été représenter la Classe au 200e anniversaire de l'Académie royale des sciences de Berlin, et qui a remis à cette institution une Adresse de félicitations au nom de l'Académie. (*Applaudissements.*) — M. le Secrétaire perpétuel donnera pour le *Bulletin* une relation des deux journées jubilaires de l'Académie de Berlin. (Voir ci-après.)

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique demande l'avis de la Classe sur une requête de M. Léon Fredericq, professeur à l'Université de Liége, sollicitant de pouvoir occuper pendant l'année 1901 la table belge d'études au laboratoire zoologique de M. Dohrn, à Naples. — Renvoi à MM. Éd. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau.

— M. J. Wauters fait savoir, en sa qualité d'exécuteur testamentaire, que Mme veuve Louis Melsens, décédée le 16 mars dernier, a inscrit dans son testament une clause par laquelle elle donne et lègue entre autres à l'État

belge, libre de droits de succession, pour l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, une somme de 15,000 francs, dont les intérêts accumulés seront consacrés à la formation d'un *prix Melsens*.

« Dans ma pensée, s'exprimait Mme Melsens, ce prix sera décerné tous les quatre ans à l'auteur belge qui aura soumis au jugement de l'Académie un ouvrage remarquable se rapportant à la chimie ou à la physique appliquées. »

Conformément aux articles 910 et 927 du Code civil, les dispositions nécessaires seront prises par l'Académie pour provoquer, de la part du Gouvernement, l'acceptation, par arrêté royal, de ce legs, en vue de réaliser les intentions de la fondatrice.

— M. M. Stuyvaert, professeur à l'Athénée royal de Gand, se déclare l'auteur du mémoire portant la devise : *Geometry is hard* (J.-H.-S. Smith), auquel la Classe a accordé une mention très honorable au concours de 1898, pour la question sur l'étude des correspondances que l'on peut établir entre deux espaces.

— M. le Ministre de l'Instruction publique d'Italie fait hommage à la Classe du tome IX des *OEuvres de Galilée*. — Remerciements.

— Sur la proposition de l'Académie royale de Berlin, la Classe décide son affiliation à l'Association internationale des Académies, laquelle a pour but de préparer ou de promouvoir des travaux scientifiques d'intérêt général qui seront proposés par une des Académies qui

en font partie, et, d'une manière générale, de faciliter les rapports scientifiques entre les différents pays.

Le délégué de la Classe sera désigné dans la prochaine séance.

— Hommages d'ouvrages :

Une page de l'histoire de la chimie générale en Belgique : Stas et les lois des poids; par L. Henry;

Remarques sur la toxicité moléculaire de quelques alcools, à propos des recherches de M. le Dr Vandevelde; par L. Errera;

Traité de géologie, 4e édition; par A. de Lapparent, associé;

Osservazioni astronomiche e fisiche sulla topografia e costituzione del planeta Marte, fatte durante 1888; par G. Schiaparelli, associé;

Kunstformen der Natur, 4. Lieferung; par Ern. Haeckel, associé;

Guide de l'herborisateur en Belgique, nouvelle édition; par E. Pâque, S. J.;

a. *Contributions à l'étude des fermentations visqueuses;* b. *Recherches sur les bières à double face;* par Van Laer;

Icones selectae horti Thenensis. Iconographie de plantes ayant fleuri dans les collections de M. le baron Van den Bossche, à Tirlemont; avec les descriptions et les annotations de M. Ed. De Wildeman, tome Ier, 3e fascicule;

Le pied du Diprotodon et l'origine arboricole des Marsupiaux; par L. Dollo;

Esquisse historique des hypothèses principales sur la constitution intérieure des corps; par Eug. Ferron;

a. *Études sur les cavernes d'Engis;* b. *Les cavernes de Chokier;* par E. Doudou. — Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Le magnétisme exerce-t-il une action sur l'intensité de la fluorescence?* par Alexandre de Hemptinne. — Commissaires : MM. De Heen et Spring;

2° *Accumulateur physique;* par Hubert Hanosset. — Commissaires : MM. De Heen et Van der Mensbrugghe;

3° *Étude sur les courbes de Traube-Hering;* par Léon Plumier, à Liége. — Commissaires : MM. L. Fredericq et Masius;

4° *Observations sur un Orthoptère noir ne vivant que sur les terrils;* par Ernest Doudou. — Commissaires : MM. le baron de Selys Longchamps et Plateau;

5° *Racovitzia glacialis, Poisson abyssal nouveau recueilli par l'Expédition antarctique belge* (communication préliminaire); par L. Dollo. — Commissaire : M. Dupont;

6° *Sur la différence spécifique entre les acétones et les aldéhydes, au point de vue expérimental;* par MM. Oechsner-de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier, et Servant. — Commissaires : MM. Spring et Henry.

Le deux-centième anniversaire de fondation de l'Académie royale des sciences de Berlin (19 et 20 mars 1900); par le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel de l'Académie.

Depuis la fondation, sur la proposition de Richelieu, de l'Académie française dont Louis XIII signa les lettres patentes le 2 janvier 1635, surgirent : en 1660, la Société royale de Londres, sur le modèle de laquelle fut établi, en 1672, le *Collegium Naturae Curiosorum* ou *Societas Leopoldina,* actuellement Académie impériale allemande

Léopoldo-Caroline des Curieux de la Nature, à Halle-sur-la-Sprée ; en 1666, sur l'initiative de Colbert, l'Académie des sciences de Paris, qui ne reçut ses lettres patentes qu'en 1699, par Louis XIV.

Viennent ensuite l'Académie royale des sciences de Berlin, fondée, sur la proposition de Leibniz, par le roi Frédéric Ier, par lettres patentes du 12 juillet 1700 données à Cologne; l'Académie des inscriptions et belles-lettres de Paris, qui ne reçut ce nom qu'en 1701, année d'où date son premier règlement, et dont Louis XIV ne confirma l'institution qu'en 1712; l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, fondée en 1725 par Pierre le Grand, qui aurait consulté Leibniz à ce sujet, dit-on; la Société royale des sciences d'Upsal, datant de 1720, et l'Académie royale de Stockholm remontant à 1739; la Société royale des sciences de Copenhague, fondée en 1743, et la Société royale des sciences de Göttingue, en 1751; enfin les Académies royales de Munich et de Turin, fondées, chacune, en 1759.

Arrive immédiatement après, la Société littéraire, formée à Bruxelles, en 1769, sous les auspices du comte de Cobenzl, ministre plénipotentiaire de l'impératrice Marie-Thérèse auprès du prince Charles-Alexandre de Lorraine, gouverneur général des Pays-Bas, et transformée en Académie impériale et royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles, par Marie-Thérèse, sur la proposition de son ministre Kaunitz, par lettres patentes du 16 décembre 1772 (1).

---

(1) Le chevalier Alfred d'Arneth, archiviste de la Cour, à Vienne, racontait, lorsqu'il vint assister au centenaire de l'Académie, en mai 1873, qu'il avait retrouvé un billet de Marie-Thérèse à Kaunitz.

Quant à l'Académie des sciences morales et politiques de Paris, elle ne fut fondée qu'en 1795, lors de la formation, par la Convention, de l'Institut national.

Il s'ensuit que l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, qui n'est que la continuation de l'Académie impériale et royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles, occupe, depuis la fondation de l'Académie de Richelieu, le douzième rang parmi les plus anciennes institutions scientifiques, et l'Académie royale des sciences de Berlin, le troisième. Ce fut, à ce qu'il paraît, la réforme du calendrier, qui avait été décidée dans l'empire d'Allemagne par un décret de la diète de Ratisbonne, qui aurait aussi été une des causes déterminantes de la création de l'Académie de Berlin.

D'après la date de sa fondation, l'Académie royale des sciences de Berlin avait décidé de célébrer cette année son deux-centième anniversaire de fondation. Elle avait résolu de donner à cette manifestation un caractère exceptionnel, son centième anniversaire, tombant en 1800, n'ayant pas été célébré à cause des événements politiques dont l'Allemagne était alors le théâtre.

---

disant : « Mon cher Ministre, Je signe les lettres patentes de l'Académie, mais je n'ai pas grande confiance dans votre proposition. » A vrai dire, cette « bonne Marie-Thérèse », ainsi l'appelait-on dans nos anciens Pays-Bas. avait été si « secouée » depuis son enfance par les événements politiques, que ce « manque de confiance » était excusable de sa part, ayant dû presque toujours se préparer plutôt à la guerre qu'à la paix, laquelle, seule, fait fleurir les dons de l'intelligence! Comme quoi l'adage : *Si vis pacem para bellum* ou *Sive pacem sive bello geras* ne me semble avoir de valeur que lorsqu'on est le plus fort!

Comme on le sait, c'est l'inventeur du *calcul différentiel*, — qui lui fut disputé par Newton, — Godefroid-Guillaume Leibniz (1), qui suggéra l'idée au premier roi de Prusse, Frédéric Ier, de fonder à Berlin une institution scientifique. Celle-ci fut instituée en 1700 sous le titre de *Société des sciences de Berlin*. Leibniz en fut nommé président par décret royal du 12 juillet 1700. Il avait vainement tenté de former des établissements semblables à Dresde et à Vienne (2), qui étaient cependant déjà, alors, des centres d'une certaine importance.

Il occupa ces fonctions jusqu'à sa mort, le 14 novembre 1716. Le titre fut alors conféré par le roi en mars 1718 au conseiller privé Jacques-Paul Gundling.

L'institution de Leibniz ne reçut le titre d'*Académie royale des sciences et belles-lettres* de Prusse que lors de sa réorganisation par lettres patentes de Frédéric II, datées du 24 janvier 1744, jour de sa naissance. Ce souverain plaça alors à la tête de l'institution, par lettres patentes du 1er février 1746, lesquelles le nommaient *président perpétuel*, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, né à

---

(1) Godefroid-Guillaume Leibniz naquit le 3 juillet 1646 à Leipzig. Docteur en droit à 20 ans. Devint conseiller de la chancellerie de l'électeur de Mayence en 1669. Fut admis en 1675 à l'Académie des sciences de Paris où il résidait depuis 1672 ; fit ensuite partie de la Société royale de Londres lors de son séjour en Angleterre, devint conseiller aulique du duc de Brunswick-Hanovre en 1676, lors de la mort de son protecteur l'électeur de Mayence, et mourut à Hanovre en 1716, après avoir parcouru l'Allemagne et l'Italie.

(2) A vrai dire, l'Académie impériale de Vienne a pris depuis sa fondation, en 1847, un prodigieux essor, et s'est placée, aussi, au premier rang parmi les principales institutions scientifiques de l'Europe.

Saint-Malo (Finistère) le 17 juillet 1698 et mort à Bâle le 27 juillet 1759.

L'Académie royale de Berlin jeta un vif éclat au temps de Frédéric le Grand (1740-1786).

La marche des travaux n'offrit rien de saillant jusqu'au règne de Frédéric-Guillaume IV (1840-1861), époque, entre autres, des frères de Humboldt, des frères Grimm, de Boeckh, et où commencent les productions les plus remarquables : les *Corpus inscriptionum graecarum* et *latinarum*, les *Monumenta historica Germaniae* que Pertz fonda en 1874 et dirigea avec son admirable entente, durant toute son existence, et les *Denkmäler aus Ægypten und Aethiopien*, de Richard Lepsius.

Lors de son arrivée au trône (1861), comme roi de Prusse, Guillaume Ier continua à l'Académie royale de Berlin les faveurs dont elle avait été dotée par son frère Frédéric-Guillaume IV, à qui il avait succédé.

C'est de son temps que commença la publication de la *Correspondance politique de Frédéric II*, dont vingt-cinq volumes ont déjà paru.

Le règne de l'empereur Frédéric III fut trop court pour être marqué d'un acte important à l'égard de l'Académie de Berlin, mais son successeur, S. M. l'empereur Guillaume II, entoure l'institution de toute Sa sollicitude, comme on le verra bientôt.

Dès l'origine, il y eut quatre Classes : de physique et de médecine, de mathématiques, de philologie et d'histoire d'Allemagne. Chacune élisait un directeur ou un modérateur comme on les appelait alors (1).

---

(1) L'Académie royale de Berlin vient d'offrir aux Institutions avec lesquelles elle est en rapport, son *Livre Jubilaire*, c'est-à-dire son « Histoire », magistralement écrite par l'un de ses membres les plus

Les relations avec l'Académie royale des sciences de Berlin remontent à notre fondation. C'est la plus ancienne institution scientifique avec laquelle nous

---

érudits, M. le professeur-docteur Adolphe Hartnack, avec l'aide du bibliothécaire-archiviste, M. le docteur Otto Köhnke, pour la partie documentaire et bibliographique.

M. Hartnack a admirablement condensé en quatre volumes petit in-4° sa colossale entreprise, laquelle constitue l'histoire du mouvement des sciences en Prusse depuis 1700! Les deux premiers comprennent :

Le tome Ier, en deux parties, renferme : l'Introduction, laquelle a pour objet les sciences dans le Nord de l'Allemagne au commencement du XVIIe siècle, Leibniz et sa protectrice Sophie-Charlotte, seconde femme de l'électeur Frédéric III, premier roi de Prusse (1697-1700);

Le premier livre comportant l'histoire de la Société brandebourgeoise des sciences (royale prussienne) sous les rois Frédéric Ier et Frédéric-Guillaume Ier (1700-1740);

Le deuxième, l'histoire de l'Académie royale des sciences et belles-lettres dans laquelle était entrée la nouvelle Société littéraire (1740-1746), sous Frédéric le Grand (1740-1786); époque de Maupertuis, de Voltaire, de d'Alembert, de Condorcet, d'Euler, de Lagrange, de Bode, etc.;

Le troisième, l'histoire de la transformation de l'Académie en une institution allemande sous Frédéric-Guillaume II et Frédéric-Guillaume III (1786-1812) : Fichte, Goethe, les frères de Humboldt, Niebuhr, Kant, etc.;

Le quatrième, l'histoire de l'Académie sous Frédéric-Guillaume III et Frédéric-Guillaume IV (1812-1859). C'est une des plus belles périodes qui soutient le parallèle avec celle de Frédéric le Grand, surtout au temps de Frédéric-Guillaume IV, par ses grandes figures : Savigny, Boeckh, Ehrenberg, Hegel, Encke, Crelle, Dirichlet, Poggendorff, Mitscherlich, L. von Buch, J. Muller, C. Ritter, Panofka, E. Gerhard, J. et G. Grimm, Ranke, Pertz, Jacobi, Dieterici, du Bois-Reymond, Curtius, etc.

C'est Frédéric-Guillaume IV qui créa, en 1842, l'Ordre pour le Mérite, exclusivement réservé aux savants et aux artistes.

Le cinquième, qui a pour objet la période contemporaine; elle va de Guillaume Ier et de Frédéric III à Guillaume II (1860-1899).

soyons en rapport (1). Les relations avec l'Académie des sciences de Paris ne remontent qu'à l'époque du rétablissement de l'Académie royale de Bruxelles en 1816.

En raison des liens scientifiques étroits qui la rattachent à l'Académie royale de Berlin, l'Académie de Belgique, qui s'honore d'avoir compté au nombre de ses associés les savants les plus illustres de la Prusse, fut placée, à l'occasion de ce jubilé biséculaire, au premier rang des institutions invitées à envoyer un délégué officiel.

Comme en raison de mes fonctions de Secrétaire perpétuel j'appartiens aux trois Classes en qualité de membre titulaire, je me suis fait tout à la fois un honneur et un devoir d'aller remplir à Berlin la mission de les représenter officiellement et de remettre, par la même occasion, en personne, à l'Académie royale des sciences, l'adresse de félicitations de l'Académie royale de Belgique.

L'Académie royale des sciences de Berlin occupe, en commun avec l'Académie royale des arts, un vaste édifice spécial, 38, Unter der Linden, qui lui a été consacré depuis sa première réorganisation, en 1749, et qui a été alors réédifié à la suite d'un incendie et modifié en locaux académiques. L'Académie des sciences n'a toutefois que des rapports de voisinage avec l'Académie des arts, laquelle

---

(1) L'Académie royale de Belgique échange actuellement ses publications avec 400 académies, sociétés, etc., sans compter les revues qui s'élèvent à plus d'une centaine. Ces nombres pourraient certainement être, chacun, plus que doublés si les ressources de l'Académie ne lui imposaient pas de limiter ses échanges aux institutions dont les travaux peuvent être les plus utiles à consulter pour ses membres.

a sa constitution et son organisation propres; celle-ci avait été créée en 1691, aussi sur l'initiative de Frédéric Ier, sous le titre d'Académie de peinture, de sculpture et d'architecture; elle est donc la cadette de l'Académie royale de peinture et de sculpture fondée à Paris, par lettres patentes de Louis XIV, en février 1648, sur la requête de l'illustre peintre Lebrun.

L'Académie de Berlin est actuellement divisée en deux Classes qui sont subdivisées en sections lesquelles tiennent, séparément, leurs réunions : la Classe des sciences physiques et mathématiques, dont les secrétaires permanents ou perpétuels sont les professeurs docteurs Arthur Auwers, astronome, conseiller supérieur intime de gouvernement, et Wilhelm Waldeyer, anatomiste, conseiller intime de médecine; la Classe des sciences philosophiques et historiques, dont les secrétaires perpétuels sont les professeurs docteurs Johannes Vahlen et Hermann Diels, — celui-ci également conseiller intime de gouvernement, — et qui s'occupent tous les deux de philologie classique.

L'Académie royale de Berlin tient deux séances publiques annuelles : le 27 janvier en commémoration de la mémoire de son Auguste réorganisateur, le Roi Frédéric II, et pour célébrer l'anniversaire de l'avènement au trône de Sa Majesté Guillaume II; et le 30 juin en commémoration du jour de naissance de Leibniz.

L'Académie dispose d'un fonds très important pour l'encouragement des sciences et qui est réparti, chaque année, entre les travaux ou les recherches qu'elle entreprend ou qui lui sont signalés.

Voici les principales fondations qu'elle possède :

Charlotten-Stiftung, au capital de 30,000 Mark,

fondé, pour la philologie, par Frau Charlotte Stiepel, geborene Freiin von Hopffgarten.

Eduard Gerhard-Stiftung, au capital de 71,288 Mark, fondé, pour l'archéologie, par le professeur Édouard Gerhard.

Hermann und Elise geborene Heckmann-Wentzel-Stiftung, au capital de UN MILLION 500,000 Mark, fondé, pour des recherches scientifiques (*wissenschaftlicher Untersuchungen*), par Frau Maria-Elisabeth Heckmann, veuve de l'architecte Hermann Wentzel.

Graf Loubat-Stiftung, au capital de 25,271 Mark 55 Pfennig, fondé, pour les études sur l'Amérique du Nord, par le comte Joseph-Florimond Loubat, à New-York.

Sa Majesté l'Empereur, comme roi de Prusse, est l'Auguste Protecteur de l'Institution.

Il n'y a plus de président de l'Académie même ou de présidents ou directeurs des Classes. Ce sont les secrétaires perpétuels qui, depuis 1812, ouvrent la séance, lisent le protocole de la dernière réunion, donnent la parole aux membres inscrits à l'ordre du jour ou qui demandent à faire des communications ou des lectures, et qui clôturent la réunion par tout ce qui concerne la correspondance ou les objets d'ordre intérieur.

Comme pour les Académies composant l'Institut de France, tous les membres habitent Berlin. A la date du 31 décembre 1898, d'après la liste qui figure en tête des *Abhandlungen* de cette année, ils étaient au nombre de 49 dont 23 pour les sciences physiques et mathématiques et 26 pour les sciences philosophiques et historiques. L'Académie comptait, en outre, alors, 6 membres étrangers et

4 membres d'honneur. Parmi ceux-ci figure S. M. Oscar II, roi de Suède. Elle a, en outre, 140 correspondants choisis dans toutes les nationalités.

Ses Mémoires ont été commencés en 1700 sous le titre de *Miscellanea Berolinensia ad Incrementum Scientiarum*, ex scriptis societati regiae Scientiarum. Cette série, en latin, se compose de 7 volumes dont le dernier a été publié en 1743.

La seconde série, publiée en français sous le titre de *Mémoires et Histoire de l'Académie royale des sciences*, va de 1745 à 1804.

La troisième série, publiée en allemand, sous le titre de *Abhandlungen*, comprend jusqu'à ce jour 85 volumes.

Son Bulletin remonte à 1836; il n'a commencé, donc, que quatre années après le Bulletin de l'Académie royale de Belgique.

Il avait été résolu que deux jours seraient consacrés à célébrer le deux-centième anniversaire de fondation. Le premier comportait la séance impériale et royale, présidée par S. M. l'Empereur, et le second, la séance académique proprement dite pour la remise des adresses de félicitations.

En raison de l'exiguïté des locaux mêmes de l'Académie, après avoir pris les ordres de Sa Majesté, la première séance fut fixée au lundi 19, dans la grande *Salle Blanche* du château royal; la seconde, au mardi 20, dans la salle de la Chambre des députés de Prusse, qui vient d'être récemment inaugurée.

Dès le dimanche soir, le 18, une collation fut offerte

aux délégués dans la grande salle des fêtes du *Grand Hôtel de Rome*, situé 39, Charlottenstrasse, c'est-à-dire à proximité des locaux de l'Académie même. C'était une attention assez originale de la part de MM. les Secrétaires perpétuels afin de mettre en contact, avant les cérémonies mêmes, les délégués de tous les pays, avec les membres et les correspondants de l'Académie, lesquels y figuraient accompagnés, la plupart, de leurs dames. Cette réunion avait un caractère vraiment allemand; se servait qui voulait, soit de mets, soit de vins, soit de bières.

La salle était divisée dans le sens longitudinal par quatre rangées de tables avec chaises. Sur les tables, ornées de fleurs et de feuillages, se trouvaient les couverts réduits à leur plus simple expression, plus des carafons de vins. Pas de serviteurs. Dans le fond, quatre cuisiniers, en costume traditionnel, servaient les mets de toute nature pour lesquels les invités venaient présenter leur assiette. Sur le palier, des tonnelets de bière étaient largement mis à contribution par les convives qui se servaient eux-mêmes.

L'ouverture de la séance impériale et royale du lundi avait été fixée à midi dans la vaste salle du château royal, appelée la *Salle Blanche*, qui ne sert que pour les cérémonies de grand apparat (1).

---

(1) La *Salle Blanche*, la plus grande du château royal, est située à l'ouest de l'édifice. L'accès extérieur se fait par le grand portail donnant vis-à-vis du grandiose monument national de Guillaume Ier, que notre illustre confrère Reynold Begas, associé, a terminé en 1897. L'accès intérieur se fait par un corridor, dit Galerie de la Salle Blanche, décoré de tapisseries des Gobelins : *Les aventures de don Quichotte*, et de portraits de souverains et de princes amis. La *Salle Blanche* date

Sur l'invitation d'un des chambellans, des trompettes thébaines, placées dans l'une des loges qui garnissent le haut de la salle, annoncèrent l'arrivée de Sa Majesté précédée d'une haie de douze pages, des insignes de l'empire et de la royauté portés sur des coussins par six officiers généraux lesquels formèrent ensuite la haie à droite et à gauche du trône ; les insignes se composaient du sceptre et de la couronne impériale, du globe terrestre, de la cassette en or renfermant la grande maîtrise des ordres, du glaive de justice et de l'étendard orné de l'aigle de l'Empire d'Allemagne. Sa Majesté portait l'uniforme blanc de la « garde du corps », sans la cuirasse, avec le casque en or, surmonté de l'aigle impériale comme cimier. Arrivaient ensuite le chancelier de l'Empire, S. A. S. le prince de Hohenlohe-Sillingsfürst, les ministres d'État, les chambellans, les grands dignitaires de la Cour, lesquels se placèrent à la gauche du trône, tandis qu'à la droite se trouvaient déjà, assise, Sa Majesté l'Impératrice et Reine avec Leurs Altesses impériale et royale le prince héritier ainsi que les autres princes royaux, les dames de la Cour, les ministres plénipotentiaires et tous les personnages invités à la cérémonie.

L'assemblée faisait face au trône et était divisée en

---

de 1728. Son nom vient de sa décoration blanc et or qui est des plus simples; elle a été transformée en 1844 et en 1894-1895. Elle a 32 mètres de longueur, 16 mètres de largeur et 13 de hauteur. Le plafond est décoré d'armoiries et de sculptures allégoriques. Les niches des parois renferment les statues des souverains de la Prusse depuis le Grand Électeur jusques et y compris l'Empereur Frédéric III. Tout autour, à l'exception du côté du trône, existe une galerie surmontée de loges. C'est dans cette même salle qu'a lieu, avec le même caractère officiel, l'ouverture, par l'Empereur, des sessions du Reichstag et du Landtag.

deux grandes catégories; dans la première figuraient les délégués des Académies.

Dans le fond de la salle, le service d'honneur était fait par une compagnie du premier régiment de la « garde à pied », dont l'Empereur est le chef, comme il est le chef du régiment de la garde du corps à cheval. La garde à pied a conservé le costume datant de Frédéric II, c'est-à-dire tunique à brandebourgs, guêtres blanches remontant jusqu'aux genoux et haute coiffure des anciens grenadiers poméraniens; elle était commandée par un officier armé du classique esponton ou courte lance, au lieu d'épée ou de sabre, comme insigne de commandement (1).

La séance même a été ouverte par un motet de Haydn, intitulé : *Danklied an Gott*, qui a été interprété par le chœur « a capella » de l'Académie royale de musique, sous la direction du professeur Ad. Schulze.

En voici les paroles :

Du bist's, dem Ruhm und Ehre gebühret,
Und Ruhm und Ehre bring ich Dir.
Du Herr hast stets mein Schicksal regieret
Und Deine Hand war über mir.

Le plus ancien des secrétaires perpétuels, le conseiller supérieur intime de gouvernement A. Auwers, est venu se placer debout devant le trône pour prononcer l'allocution académique à S. M. l'Empereur.

---

(1) Pour être admis dans ce régiment de la garde à pied, où les princes sont lieutenants, il faut avoir fait acte de courage ou de bravoure sur les champs de bataille, car tous les soldats et officiers de la compagnie de service au château royal portaient chacun un certain nombre de médailles des campagnes qu'ils avaient faites.

Le Ministre d'État, S. Exc. le Dr Studt, chargé des affaires ecclésiastiques, de l'instruction publique et des matières médicales, — qui, comme S. A. S. le chancelier de l'Empire, le prince de Hohenlohe-Silligsfürst, est la personnification de l'affabilité et de la courtoisie, — vint remplacer le Dr Auwers pour prononcer, à son tour, une allocution à S. M. l'Empereur. Il fit ressortir, entre autres, combien la création récente de l'Association internationale des Académies, destinée à comprendre toutes les institutions qui cultivent les sciences et les lettres, a rendu plus étroites les relations scientifiques entre tous les pays. Il en augure, dit-il, les plus heureux résultats pour le mouvement intellectuel de ceux-ci. M. le Ministre Studt donna lecture, en même temps, d'un édit impérial et royal décrétant que le nombre des sièges pour les membres de chacune des deux Classes de l'Académie royale de Berlin venait d'être porté de vingt-sept à trente.

Parmi les distinctions honorifiques conférées à certains membres que S. Exc. M. le Ministre a proclamées à cette occasion, figurait la grand-croix de l'Ordre de l'Aigle rouge qui venait d'être accordée à l'illustre historien Mommsen, que l'Académie royale de Belgique se fait une gloire de compter parmi ses associés.

S. M. l'Empereur s'est ensuite levé et a pris la parole. Tout d'abord, Sa Majesté a rappelé que tous les rois de Prusse ont contribué à la prospérité de l'Académie. Il a loué celle-ci d'être restée toujours éloignée des luttes des partis. Dans son allocution assez longue et prononcée d'une voix haute et ferme, l'Empereur s'est plu à reconnaître que l'Académie avait également toujours tenu à tâche de faire pénétrer de plus en plus les hommes dans la connaissance de la Vérité divine, vu, a-t-il ajouté,

que les sciences naturelles recherchent dans cette vérité la cause première de l'être et de ses transformations. Il a annoncé la création de plusieurs chaires pour les travaux sur la langue allemande ainsi que l'extension à donner à la Classe pour l'enseignement des sciences physiques et mathématiques.

Interprétant la pensée de Goethe que l'histoire du monde n'est que le perpétuel conflit entre l'incrédulité et la foi, et l'affirmation de Dieu dans l'humanité, « Dieu veuille », dit Sa Majesté, en terminant son allocution, écoutée dans le plus profond silence, « que, comme le désirait Leibniz, les sciences augmentent toujours la gloire de Dieu et continuent à servir au bien de l'humanité. »

Ces paroles, écoutées debout par toute l'assemblée, ont été accueillies par les *hoch!* répétés à trois reprises.

La séance impériale et royale a été terminée par le *Salvum fac Regem* suivant, de R. Lowe, exécuté par les chœurs de l'Académie royale de musique :

Salvum fac Regem clementem nostrum,
Salvum fac domine !
Et exaudi nos in die qua invocaverimus Te.
Amen !

Puis, pendant que les trompettes thébaines sonnaient de nouveau, S. M. l'Empereur, précédé de ses pages et entouré des insignes impériaux et royaux, et suivi du même cortège qui l'avait accompagné lors de son entrée, rentra dans ses appartements.

Le même soir, les délégués avaient été invités à assister, au Grand Opéra, à un spectacle gala : *Le Vaisseau fantôme*,

de Richard Wagner. S. M. l'Empereur, entouré de ses aides de camp de service, honorait la soirée de Sa présence.

La seconde séance a eu lieu le mardi 20, à 10 heures du matin, dans la salle des séances publiques de la Chambre des députés prussienne (1), en présence du chancelier de l'Empire, S. A. S. Monseigneur le prince de Hohenlohe-Silligsfürst, de Leurs Excellences les Ministres d'État Studt et le comte B. de Bulow, celui-ci secrétaire d'État de l'Office des Affaires étrangères de l'Empire, et des ambassadeurs des puissances étrangères, lesquels occupaient, avec les secrétaires perpétuels de l'Académie, la tribune présidentielle de la Chambre des députés. Les dames étaient placées dans les tribunes entourant la salle.

Les délégués ou représentants d'académies, d'universités, etc., avaient été invités à se mettre en costume officiel, ou en toge professorale.

La séance a commencé par une sonate de Giovanni

---

(1) Le palais de la Chambre des députés (*Abgeordnetenhaus*, « Prinz Albrechtstrasse »), la seconde chambre prussienne, a été construit de 1893 à 1898, sur les plans de F. Schulze. Sa façade en pierre est du style de la Renaissance italienne, avec colonnade corinthienne, armoiries de la Prusse et de ses provinces et six statues allégoriques au sommet. Le corps de bâtiment comprend quatre cours et est relié, sur le derrière, à la *Chambre des seigneurs*, située rue de Leipzig et qui doit être bientôt reconstruite. Dans le hall de l'escalier, des statues en bronze par Stake : la Sagesse, l'Éloquence, la Justice et le Patriotisme. Ensuite une grande salle des pas-perdus et la salle même des séances dans laquelle a eu lieu la remise des adresses académiques : elle compte 433 places et est entourée de tribunes. Le plafond est constitué par un immense vitrail en verre coloré ; les boiseries, tribunes, sièges, etc , sont en chêne.

Gabrieli (1) (de 1597) pour piano-forte, six trombones (Posaunen), cornets et violons, exécutée par des membres du corps instrumental de l'Académie royale de musique, sous la direction du célèbre violoniste et professeur J. Joachim.

Le secrétaire Vahlen a pris d'abord la parole pour saluer les délégués des académies, des universités, les membres correspondants de l'Académie et autres habitant l'étranger (parmi lesquels figurait notre éminent confrère Édouard Van Beneden) et, en général, toutes les personnalités qui figuraient à titre officiel dans l'assistance.

M. le professeur Dr Adolphe Harnack, qui s'occupe d'histoire de l'église (*Kirchenhistoriker*), est venu se placer devant la tribune présidentielle, au pupitre des orateurs, pour prononcer, au nom de l'Académie, un

---

(1) Jean Gabrieli, né à Venise en 1557, élève de son oncle le célèbre musicien Gabrieli ou Gabrielli, né dans la même ville en 1520, et qui avait fait ses études sous la direction de notre *illustre compatriote* Adrien Willaert, qui fut peut-être son parrain.

Les Allemands professent une grande estime pour les travaux de Jean Gabrieli. M. Winterfeld a publié à Berlin, chez Schlesinger, en 1834, un ouvrage sur ce musicien. Il est intitulé : *Joannes Gabrieli und sein Zeitalter*. 2 parties grand in-4° de texte, et une partie de musique.

Voici, d'après Fétis (*Biogr univ. des musiciens*), 2e édition, l'opinion de Henri Schütz, élève de Gabrieli, aussi homme de génie et qui a lui-même exercé une puissante influence sur la musique de son temps en Allemagne : « J'allai passer les premières années d'apprentissage de mon art chez le grand Gabrieli. O dieux immortels! » quel homme que Gabrieli! Si l'antiquité, si riche en expressions, » l'avait connu, elle l'aurait mis au-dessus des Amphions, et si les » Muses souhaitent le mariage, Melpomène n'eût point voulu d'autre » époux que lui, tant il est grand dans l'art du chant! »

Fr. Fétis, tout en lui accordant une puissante imagination, le considère comme fort inférieur à Palestrina.

discours dans lequel il a magistralement retracé l'histoire et les développements de l'illustre fondation de Leibniz depuis sa création.

Après une allocution de chacun des trois autres secrétaires : Diels, Auwers et Waldeyer, lorsque chaque groupe fut appelé à se présenter, a commencé le défilé des délégués des académies et des institutions scientifiques ainsi que des établissements officiels de la ville, où toutes les nationalités figuraient pour venir rendre hommage à l'Académie royale de Berlin.

Le premier groupe était composé des académies et des sociétés scientifiques dans le sens le plus général des matières dont elles s'occupent, et qui ont leur siège en Allemagne et en Autriche : c'est-à-dire la Société royale des sciences de Göttingue; l'Académie impériale allemande « Leopoldo-Caroline des Curieux de la Nature », à Halle-sur-la-Sprée; la Société royale des sciences de Saxe, à Leipzig; l'Académie royale des sciences de Bavière, à Munich, et l'Académie impériale des sciences de Vienne, soit en tout 5 institutions représentées par 10 délégués.

Puis arrivèrent : 1° les institutions et académies formant le noyau de l'Association internationale : la Société royale de Londres; l'Académie des inscriptions et belles-lettres, l'Académie des sciences et l'Académie des sciences morales et politiques de l'Institut de France; l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg et l'Académie impériale des sciences de Vienne, soit 6 institutions en tout, représentées par 11 délégués; 2° les académies et institutions scientifiques étrangères à l'Allemagne, placées aussi, toutes, dans l'ordre alphabétique des villes où elles ont leur siège, et parmi lesquelles figurait

l'Académie royale de Belgique. Ces institutions étaient au nombre de 22, représentées par 33 délégués.

Le deuxième groupe se composait des universités de l'Allemagne, au nombre de 22, représentées par 39 délégués, et des universités allemandes de l'Autriche et de la Suisse, au nombre de 7, représentées par 10 délégués.

Dans le troisième groupe entraient les sociétés scientifiques provinciales de la Prusse, au nombre de 8, représentées par 15 délégués.

Enfin, dans le quatrième et dernier groupe avaient été comprises les académies berlinoises autres que l'Académie des sciences, les écoles des hautes études, les institutions artistiques, les corporations et, en général, tout ce qui constitue la vie intellectuelle dans la capitale de la Prusse. Ces institutions ou associations étaient au nombre de 9, représentées par 39 délégués.

Ce qui formait un ensemble de 88 institutions, représentées par 157 délégués ou représentants. Il est arrivé en outre, après la cérémonie, un nombre assez considérable d'adresses et de télégrammes de félicitations; il en a été donné lecture dans une séance de section tenue le jeudi 22 mars, à 4 heures de l'après-midi, au local de l'Académie, et à laquelle MM. les Secrétaires perpétuels avaient eu la gracieuseté de nous inviter.

Après une allocution prononcée par un des secrétaires dès la remise des dernières adresses, a été exécuté l'hymne: *Grosser Gott, allmächtiger Gott*, de Stadler, par la section instrumentale du Conservatoire royal de Berlin.

La journée du 20 mars a été clôturée par un superbe banquet de trois cents couverts, qui a eu lieu, à 6 heures du soir, à l'*Hôtel Kaiserhof*, Wilhelmplatz.

Le mercredi 21 mars, S. A. S. Mgr le prince Charles C.-V. de Hohenlohe-Silligsfürst, prince de Ratisbor et de Corvey, chancelier de l'Empire, fit l'honneur aux délégués des principales académies et universités (délégués dont j'ai fait partie) de les inviter à dîner, à 1 1/2 heure, dans le palais de la chancellerie impériale, Wilhelmstrasse (1).

Deux de ses fils, dont l'aîné, Philippe-Ernest-Marie, capitaine de cavalerie, aidaient Son Altesse dans la réception des invités.

Voici la traduction des paroles prononcées en cette circonstance par Son Altesse Sérénissime le chancelier de l'Empire, à qui est dévolue, entre autres, la présidence du Conseil d'État, celle du Ministère d'État prussien, et qui s'honore de porter le titre de docteur :

« J'ai toujours eu une foi profonde dans le progrès de l'humanité; néanmoins, je dois avouer que, dans ces dernières années, ma foi avait été un peu ébranlée.

» Le « struggle for life » qui nous est imposé par la nature a, en effet, dernièrement pris un caractère tel que nous nous rapprochons davantage du monde animal et que le progrès réalisé est plutôt un progrès vers en bas qu'un progrès vers en haut. Aussi m'est-ce un vrai plaisir de voir un si grand nombre d'hommes distingués dans la science, véritables héros d'une œuvre intellec-

---

(1) Le dîner eut lieu dans la grande salle où a été signée, le 13 juillet 1878, la célèbre Conférence de Berlin qui revisa le traité de San Stefano, et où a été tenue, en 1884, la Conférence africaine sous la présidence de Bismarck La salle oblongue, avec un plafond en forme de voûte cintrée, est décorée en style empire; tout l'ameublement, comme la décoration, est d'une grande simplicité.

tuelle, assemblés ici, et ce m'est une grande consolation de penser qu'il existe encore suffisamment d'énergie morale pour arrêter le déluge des intérêts matériels. Puissiez-vous, Messieurs, réussir dans cette tâche aussi bien dans l'avenir que vous avez réussi dans le passé! Je bois, en attendant, à la science et à ses représentants. »

Le vendredi 23 mars, S. M. l'Empereur fit l'honneur aux délégués des principales académies et universités de les inviter à un déjeuner à caractère tout intime, c'est-à-dire en costume non officiel (*Ueberrock* ou redingote), et fixé à 2 heures. Sa Majesté était en petite tenue de général de cavalerie, le bonnet de police sous le bras. Y assistaient : l'Impératrice avec deux dames de son entourage, L. Exc. les Ministres Studt et de Bulow, des généraux et les principaux personnages de la Cour, à ne citer que le grand maréchal de la Cour, S. Exc. le comte d'Eulenbourg. Après la présentation d'usage de chacun d'entre nous dans la salle des réceptions, d'abord à S. M. l'Empereur, puis à S. M. l'Impératrice, laquelle était en grand deuil ainsi que ses dames d'honneur, l'assemblée fut invitée à passer dans la salle à manger où j'ai eu l'honneur, comme délégué de l'Académie royale de Belgique, d'être placé à la gauche de S. M. l'Empereur, après le Ministre de l'Instruction publique Studt et à côté de S. Exc. M. Sturdza, Ministre d'État de Roumanie, qui représentait, comme secrétaire général, l'Académie de Bucarest.

Dès le déjeuner terminé, S. M. l'Empereur invita les délégués à venir prendre le café dans son cabinet de travail, et il fit circuler les cigares. Après s'être de nouveau entretenu avec les principaux d'entre nous,

Sa Majesté s'est retirée après nous avoir invités à suivre Son Excellence le grand maréchal, lequel a gracieusement servi de guide dans les appartements où le public n'est jamais admis. Par la même occasion, nous avons pu parcourir la superbe galerie de tableaux qui est une des richesses du palais.

A 4 heures, la réception impériale était terminée.

Le même soir, les délégués qui étaient encore restés à Berlin emportaient le plus inoubliable souvenir du deux-centième anniversaire de la fondation de l'Académie royale, de la haute bienveillance de Leurs Majestés ainsi que de la courtoisie dont ils avaient été l'objet de la part des secrétaires perpétuels de cette célèbre institution : MM. Auwers, Vahlen, Diels et Waldeyer.

Voici l'adresse de félicitations que j'ai remise, au nom de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, à l'Académie royale des sciences de Berlin :

A Messieurs les Secrétaires perpétuels et Membres de l'Académie royale des sciences de Berlin.

MESSIEURS,

« Si les fêtes commémoratives des grands événements politiques, des victoires, des traités, des révolutions sont plus propres à émouvoir le vulgaire, une solennité comme celle que vous célébrez aujourd'hui est sûre de réveiller la sympathie de tous les amis de l'humanité. » Ainsi s'exprimaient, entre autres, vos éminents Secrétaires perpétuels dans l'adresse (1) qu'ils avaient été chargés de remettre au nom de votre Corps savant à l'Académie royale de Belgique, en 1872, lors de son Jubilé séculaire.

Le *deux-centième anniversaire de fondation* que célèbre, ces 19 et 20 mars 1900, l'Académie royale de Berlin, est aussi une fête du progrès et réveille on ne peut plus profondément les sympathies de tous les amis de l'humanité ; elle ne saurait donc être accueillie que par les unanimes applaudissements du monde savant.

L'Académie royale de Belgique est particulièrement flattée de pouvoir s'associer à ce mémorable Événement

---

(1) Cette adresse avait été signée par E.-E. Kummer et E. du Bois-Reymond au nom de la Classe de physique et de mathématiques, et par M. Haupt et E. Curtius au nom de la Classe de philosophie et d'histoire.

ainsi qu'aux témoignages d'admiration qu'il suscite. Elle en est d'autant plus heureuse que chaque fois qu'elle est appelée à élire des membres étrangers au pays, elle tient à honneur, autant que possible, de porter son choix sur les Membres de l'Académie royale de Berlin qui ont élevé à un suprême degré la haute culture de l'intelligence; il en a été ainsi pour Alex. de Humboldt, L. de Buch, J. Müller, Helmholtz, du Bois-Reymond, etc., dans les sciences exactes et naturelles; J. Grimm, L. Ranke, Pertz, Panofka, von Lepsius, etc., dans les sciences philologiques, historiques et archéologiques (1).

La mémoire de Pertz surtout est chère aux Belges par la fondation des *Monumenta historica Germaniae* qui renferment tant de récits de faits héroïques qui se sont passés dans nos anciennes provinces, à l'époque où le Saint Empire s'étendait jusqu'à l'Escaut. La publication de cette œuvre colossale a été pour la Belgique la source la plus précieuse de son histoire au moyen âge.

L'Académie royale de Berlin, qui s'est illustrée par tant de savants de premier ordre, constitue une de ces glorieuses familles avec qui l'Académie royale de Belgique se félicite d'entretenir les plus étroites relations de confraternité : c'est avec le plus profond sentiment de joie qu'elle salue le deux-centième anniversaire de cette Institution. Elle s'associe, en même temps, on ne peut plus chaleureusement, d'esprit et de cœur, aux félicitations que vous recevez en cette circonstance à jamais mémorable pour vos Annales.

---

(1) Voir plus loin la liste complète.

L'Académie royale de Berlin doit être justement fière de son passé. L'Académie royale de Belgique exprime, avec le monde savant, le vœu que l'illustre Fondation de Leibniz continue à se perpétuer dans la même splendeur.

Locus sigillum Regia Academici Belgicae.

Le Secrétaire perpétuel de l'Académie royale de Belgique,

Chevalier EDMOND MARCHAL.

Voici la liste complète des membres de l'Académie royale des sciences de Berlin qui ont fait partie ou qui font encore partie, comme associés, de l'Académie royale de Belgique :

Classe des sciences.

ENCKE (*Jean-François*), élu le 7 novembre 1829 ; né à Hambourg le 23 septembre 1791, mort à Berlin le 26 août 1865.

HUMBOLDT (le b^on^ *Frédéric-Henri-Alexandre* DE), élu le 3 avril 1830 ; né à Berlin le 14 septembre 1769, mort dans la même ville le 6 mai 1859.

CRELLE (*Auguste-Léopold*), élu le 5 avril 1834 ; né à Eichwerder le 11 mars 1780, mort à Berlin le 6 octobre 1855.

BUCH (*Chrétien-Léopold* DE), élu le 16 décembre 1843 ; né à Stolp (Poméranie) le 26 avril 1774, mort à Berlin le 4 mars 1853.

MÜLLER (*Jean*), élu le 15 décembre 1851 ; né à Coblence le 14 juillet 1801, mort à Berlin le 28 avril 1858.

BAEYER (le lieutenant général *Jean-Jacques*), élu le 15 décembre 1868 ; né à Müggelheim (près de Köpenik, province de Brandebourg) le 5 novembre 1794, mort à Berlin le 10 octobre 1885.

KIRCHHOFF (*Gustave-Robert*), élu le 15 décembre 1868 ; né à Königsberg le 12 mars 1834, mort à Berlin le 17 octobre 1887.

DOVE (*Henri-Guillaume*), élu le 16 décembre 1872 ; né à Liegnitz le 6 octobre 1803, mort à Berlin le 5 avril 1879.

HELMHOLTZ (*Armand-Louis-Ferdinand*), élu le 15 dé-

cembre 1873; né à Potsdam le 31 août 1821, mort à Charlottenbourg (Berlin) le 8 septembre 1894.

Pringsheim (*Nathaniel*), élu le 15 décembre 1874; né à Wziesko (Silésie) le 30 novembre 1823, mort à Berlin le 6 octobre 1894.

Dechen (*Henri* von), élu le 15 décembre 1875; né à Berlin le 25 mars 1800, mort dans la même ville le 15 février 1889.

Hofman (*Auguste-Wilhelm*), élu le 15 décembre 1884; né à Giessen le 8 avril 1818, mort à Berlin le 5 mai 1892.

Virchow (*Rudolphe*), élu le 15 décembre 1884; né à Schivelbein (Poméranie) le 13 octobre 1821, domicilié à Berlin.

Weierstrass (*Charles-Théodore-Wilhelm*), élu le 14 octobre 1888; né à Ostenfelde (Westphalie) le 31 octobre 1815, mort à Berlin le 19 février 1897.

Du Bois-Reymond (*Émile-Henri*), élu le 16 décembre 1889; né à Berlin le 7 novembre 1818, mort dans la même ville le 26 décembre 1896.

Foerster (*Guillaume*), élu le 15 décembre 1892; né à Grünberg (Silésie) le 16 décembre 1832, domicilié à Berlin.

Engelmann (*Théodore-Wilhelm*), élu le 15 décembre 1898; né à Leipzig le 14 novembre 1843, domicilié à Berlin.

't Hoff (*Jacobus-Henricus* van), élu le 14 décembre 1894; né à Rotterdam le 30 avril 1852, domicilié à Berlin.

Classe des lettres et des sciences morales et politiques.

Wilken (*Frédéric*), élu le 5 avril 1834; né à Ratsebourg (près de Lübeik) le 23 février 1777, mort à Berlin le 24 décembre 1840.

Grimm (*Louis-Jacques*), élu le 15 décembre 1842; né à Hanau le 4 janvier 1785, mort à Berlin le 20 septembre 1863.

Ranke (*Léopold*), élu le 9 janvier 1846; né à Wiehe (Thuringe) le 21 décembre 1795, mort à Berlin le 23 mai 1886.

Pertz (*George-Henri*), élu le 11 janvier 1847; né à Hanovre le 28 mars 1795, mort à Munich le 7 octobre 1876.

Ritter (*Charles*), élu le 11 janvier 1847; né à Quedlinbourg (Saxe) le 7 août 1779, mort à Berlin le 28 septembre 1859.

Panofka (*Théodore*), élu le 7 mai 1849; né à Breslau le 25 février 1801, mort à Berlin le 20 juin 1858.

Dieterici (*Charles-Frédéric-Guillaume*), élu le 26 mai 1856; né à Berlin le 23 août 1790, mort dans la même ville le 29 juillet 1859.

Mommsen (*Théodore*), élu le 5 mai 1866; né à Garding (Schleswig) le 30 octobre 1817, domicilié à Berlin.

Sybel (*Henri-Charles-Louis* von), élu le 10 mai 1869; né à Dusseldorf le 2 décembre 1817, mort à Marbourg le 1er août 1895.

Curtius (*Ernest*), élu le 6 mai 1872; né à Lübeck le 2 septembre 1814, mort à Berlin le 11 juillet 1896.

Lepsius (*Richard*), élu le 10 mai 1875; né à Naumbourg le 23 décembre 1813, mort à Berlin le 10 juillet 1883.

Waitz (*George*), élu le 5 mai 1884; né à Flensbourg (Schleswig) le 9 octobre 1813, mort à Berlin le 25 mai 1886.

Huebner (*Ernest-Wilibald-Émile*), élu le 4 mai 1891; né à Dusseldorf le 7 juillet 1834, domicilié à Berlin.

Brunner (*Henri*), élu le 8 mai 1893; né à Wels (Autriche) le 21 juin 1840, domicilié à Berlin.

D'autre part, voici les noms des membres et associés de l'Académie royale de Belgique qui ont fait partie ou qui font encore partie de l'Académie royale de Berlin comme correspondants (1) :

Van Mons (*Jean-Baptiste*), nommé membre de l'Académie royale de Bruxelles le 3 juillet 1806; correspondant de l'Académie royale de Berlin en 1812; né à Bruxelles le 11 novembre 1765, mort à Louvain le 6 septembre 1842.

Quetelet (*Lambert-Adolphe-Jacques*), élu membre de l'Académie royale de Bruxelles en 1820; secrétaire perpétuel en 1835; membre des trois Classes le 5 décembre 1845; correspondant de l'Académie royale de Berlin le 19 janvier 1832; né à Gand le 22 février 1796, mort à Bruxelles le 17 février 1874.

Reiffenberg (le baron *Frédéric-Auguste-Ferdinand-Thomas* de), élu membre de l'Académie royale de Bruxelles le 8 juillet 1823; correspondant de l'Académie royale de Berlin le 7 décembre 1837; né à Mons le 14 novembre 1795, mort à Saint-Josse-ten-Noode le 18 avril 1850.

---

(1) Les correspondants comme les membres ne portent dans la liste que la date de la sanction royale (Cabinet Orde).

De Witte (le baron *Jean-Joseph-Antoine-Marie*), élu correspondant de l'Académie royale de Bruxelles le 7 mai 1840; membre le 6 mai 1851; correspondant de l'Académie royale de Berlin le 27 février 1845; né à Anvers le 24 février 1808, mort à Paris le 27 février 1889.

Roulez (*Joseph-Emmanuel-Ghislain*), élu correspondant de l'Académie royale de Bruxelles le 8 août 1815; membre le 15 décembre 1837; correspondant de l'Académie royale de Berlin le 10 mai 1855; né à Nivelles le 6 février 1806, mort à Gand le 16 mars 1878.

Schwann (*Théodore*), élu associé de l'Académie royale de Bruxelles le 14 décembre 1841; correspondant de l'Académie royale de Berlin le 27 avril 1854; né à Neuss (Prusse rhénane) le 7 décembre 1810, mort à Cologne le 11 janvier 1882.

Beneden (*Pierre-Joseph* van), élu correspondant de l'Académie royale de Bruxelles le 15 décembre 1836; membre titulaire le 15 décembre 1842; correspondant de l'Académie royale de Berlin le 26 juillet 1855; né à Malines le 19 décembre 1809, mort à Louvain le 8 janvier 1894.

Plateau (*Joseph-Antoine-Ferdinand*), élu correspondant de l'Académie royale de Bruxelles le 5 avril 1854; membre le 15 décembre 1856; correspondant de l'Académie royale de Berlin le 29 avril 1879; né à Bruxelles le 14 octobre 1801, mort à Gand le 15 septembre 1883.

Beneden (*Édouard* van), élu correspondant de l'Académie royale de Belgique le 15 décembre 1870; membre titulaire le 16 décembre 1872; correspondant de l'Académie royale de Berlin le 3 novembre 1887; né à Louvain le 5 mars 1846, domicilié à Liége.

RAPPORTS.

—

La Classe décide l'impression au *Bulletin* d'une note préliminaire par M. Louis Dollo : *Racovitzia glacialis, Poisson abyssal nouveau recueilli par l'Expédition antarctique belge,* examinée par M. Dupont.

—

Sur une classe de fonctions qui se rattachent aux fonctions de Jacques Bernoulli; par M. Beaupain.

Rapport de M. J. Deruyts, premier commissaire.

« Le mémoire de M. Beaupain est, par son objet, peu susceptible d'un exposé complet sous forme concise; il appartient en effet à ce que l'on pourrait appeler l'analyse descriptive; les formules et les calculs y occupent la plus large place. Je dirai dès l'abord que l'auteur a montré une grande habileté dans l'art des transformations, habileté du reste bien connue par ses travaux antérieurs.

Au début du mémoire (chap. Ier), on trouve exposé le développement des polynômes de Bernoulli, en séries trigonométriques, le point de départ étant l'expression de

$$\frac{\pi \cos z\theta}{\sin \pi z} - \frac{1}{z}$$

en série de fractions rationnelles correspondant aux pôles de la fonction.

En considérant la relation

$$\frac{1}{2}\frac{\Gamma(p+q)\,\Gamma(p-q)}{\Gamma(2p)}\,\frac{\sin q\theta}{q}=\sum_{k=0}^{\infty}\binom{-2p}{k}\frac{\sin(p+k)\theta}{(p+k)^2-q^2},$$

qui résulte de ses études précédentes, M. Beaupain définit les quantités $B_{2n-1,p}$ comme coefficients de

$$\frac{2(2^{2n-1}-1)}{2n!}(q\pi)^{2n},$$

dans le développement de

$$\frac{\Gamma(p+q)\,\Gamma(p-q)}{\Gamma(2p)}$$

suivant la formule de Mac-Laurin.

Ces nombres B se réduisent aux nombres de Bernoulli ou d'Euler pour $p=1$, $p=\frac{1}{2}$; ils s'expriment en intégrales définies, comme généralisation de la formule de Plana. On trouve aussi dans le mémoire la valeur des B comme somme de séries analogues à celles qui se présentent à l'occasion des nombres de Bernoulli et d'Euler. Parmi d'autres résultats intéressants, je signalerai encore que les B interviennent dans le développement de

$$2\sin p\pi\int_0^{\infty}\frac{e^{2qx}-e^{-2qx}}{(e^x-e^{-x})^{2p}}dx$$

suivant les puissances de q. Les séries

$$\sum_{k=0}^{\infty}\binom{-2p}{k}\frac{\sin(p+k)\theta}{(p+k)^{2n+2}},\quad \sum\binom{-2p}{k}\frac{\cos(p+k)\theta}{(p+k)^{2n+1}}. \quad \text{(A)}$$

sont exprimées comme polynômes de degrés $2n+1$ ou

$2n$ en θ, les coefficients étant des nombres B; les polynômes dont il s'agit se ramènent aux polynômes de Bernoulli, dans le cas de $p=1$. Les résultats, établis d'abord dans l'hypothèse de $p \overline{\overline{<}} 1$, sont généralisés d'après la méthode d'extension résultant du théorème de Riemann.

Dans une étude spéciale, l'auteur considère le cas où p est égal à m ou à $m+\frac{1}{2}$, m étant un nombre entier. Diverses relations linéaires sont données sous forme explicite entre les B, les nombres de Bernoulli, les nombres d'Euler et les intégrales

$$\int_0^\infty \frac{x^{2\alpha}}{(e^x - e^{-x})^{2m}}.$$

La considération des séries (A) conduit, dans le cas de $p=m$, $m+\frac{1}{2}$, à des polynômes B (θ), exprimés en séries trigonométriques, généralisant les polynômes de Bernoulli. Pour terminer, M. Beaupain signale diverses formules relatives aux fonctions B (θ) et notamment plusieurs intégrales définies associées.

Les formules du mémoire sont très nombreuses; toutes celles que j'ai examinées ont été reconnues exactes.

Pour ne pas reproduire ici de longues équations, j'ai dû renoncer à donner un résumé détaillé des résultats de l'auteur. Je crois pourtant en avoir dit assez pour justifier la proposition que j'ai l'honneur de faire à la Classe : de décider l'impression du travail de M. Beaupain dans les *Mémoires* in-4°. »

MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin et J. Neuberg déclarant se rallier aux conclusions du rapport du premier commissaire, celles-ci sont adoptées par la Classe.

—

Étude de l'action de la potasse caustique sur la dypnone;
par Louis Gesché.

Rapport de M. Delacre, premier commissaire.

« Parmi les faits qu'il m'a été donné d'étudier dans les recherches que je poursuis sur la synthèse graduelle de la chaîne benzénique, il en est deux ayant, à mon sens, une importance particulière. Le premier, décrit en 1890, fixait le rôle de la dypnone; le second, publié tout récemment, établissait la polymérisation de ce dernier corps en dypnopinacone.

Ce dernier fait, qui a complété le plan général de la synthèse, avait été mis en lumière principalement à l'aide d'arguments analytiques, surtout par la transformation intégrale de la dypnopinacone en dypnone sous l'influence de la chaleur.

Il manquait à cette notion l'appui d'une synthèse directe. C'est ce desideratum important que les recherches de M. L. Gesché sont venues combler. De réactions complexes et au milieu de difficultés qu'il faut avoir eues à vaincre soi-même pour les apprécier, l'auteur a su dégager avec une très grande netteté le phénomène principal de l'action de la potasse alcoolique concentrée sur la dypnone, savoir la polymérisation en dypnopinacone. Les rendements atteignent 85 %.

Outre ce résultat de premier ordre, M. Gesché montre dans son mémoire comment la triphénylbenzine, qui se forme dans certaines conditions par la dypnone sur la potasse alcoolique, est due à une réaction accidentelle. Les déductions sur ce point sont très bien établies et font

de son étude un ensemble dont j'apprécie hautement la valeur.

J'ai donc l'honneur de proposer à la Classe l'insertion du travail de M. L. Gesché dans le *Bulletin*. »

M. L. Henry, second commissaire, déclare se rallier à ces conclusions, qui sont adoptées par la Classe.

—

Sur la différence spécifique entre les acétones et les aldéhydes, au point de vue expérimental; par MM. Oechsner-de Coninck et Servant.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« M. Oechsner-de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier, et M. Servant ont soumis diverses *acétones*, ainsi que l'*éthanal*, à l'action prolongée d'un courant d'air, afin de vérifier si la définition que l'on a donnée de ces substances en se basant sur les résultats de leur oxydation à chaud, n'est pas en défaut à basse température. Les auteurs ont observé que l'aldéhyde se convertit lentement en acide acétique, tandis que les cétones ne fournissent aucun produit d'oxydation.

Ils concluent donc que la différence spécifique entre ces corps consiste bien en ce que les cétones ne s'oxydent pas à froid, tandis que les aldéhydes passent à l'état d'acide.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de cette note dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Henry, second commissaire, se rallie à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

Les oscillations électro-statiques produites indépendamment du phénomène de Hertz; inductance electro-statique; par P. De Heen, membre de l'Académie.

On sait que la théorie de Maxwell relative à la décharge oscillante prévoit deux systèmes d'ondes qui oscillent dans des plans perpendiculaires : l'un électrique, l'autre magnétique. L'attention des physiciens paraît s'être portée jusqu'ici presque exclusivement sur l'oscillation électro-magnétique. Mais il semble résulter implicitement de cet état de nos connaissances que ces deux systèmes d'ondes fonctionnent simultanément et que les effets de l'un ou de l'autre système apparaissent suivant les circonstances dans lesquelles on se place. C'est ainsi que l'illumination de tubes à vide placés dans des champs soumis à des oscillations à haute fréquence est vraisemblablement le résultat de l'oscillation électro-statique. En utilisant l'appareil oscillatoire de M. d'Arsonval, le Dr Le Bon a constaté autour de l'appareil l'existence d'un champ électro-statique intense.

Comme on le voit, la base de toutes ces recherches se trouve dans la décharge oscillante de Hertz, qui a pour effet de produire un mélange d'oscillations électro-statiques et électro-magnétiques.

Le but que nous nous proposons dans l'ordre de recherches que nous n'avons qu'ébauché, consiste à rechercher

P. DE HEEN

un procédé permettant de produire *isolément* l'oscillation électro-statique de manière à nous mettre en mesure d'étudier ses propriétés avec le soin qui a été apporté à l'étude de l'oscillation électro-magnétique.

Dans ces conditions, les courants et les décharges à haute fréquence doivent être écartés, et le diapason électrique devra consister en une surface conductrice vibrant statiquement.

L'indice de la possibilité de faire vibrer électro-statiquement des surfaces nous avait été fourni par cette circonstance que si l'on glisse un plateau de résine P (fig. 1) électrisé positivement sous une lame métallique a suspendue à l'aide de fils de soie et mise en communication avec le conducteur d'une bouteille de Leyde électrisée négativement, si ensuite on saupoudre de soufre, on constate l'existence d'une série de nœuds et de ventres semblables à ceux que l'on obtient en saupoudrant de sable un tuyau d'orgue ou une plaque vibrante. Le dessin est parfaitement nettoyé si l'on a pris soin de diriger suivant la direction R un faisceau de rayons Röntgen. (Le plateau de résine avait $0^m,50 \times 0^m,10$.) (Voir pl. I.)

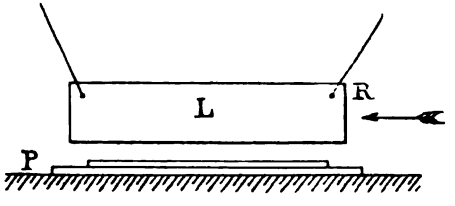


Fig. 1.

Si l'on vient à tendre parallèlement l'un à l'autre

deux fils métalliques isolés et parfaitement polis, à quelques centimètres l'un de l'autre, et si l'on met chacun de ces fils en communication avec l'un des pôles d'une machine de Holtz, on remarque sur le fil négatif la production d'une série de points lumineux qui semblent correspondre à des nœuds. Le fil positif par induction s'illumine vis-à-vis de ces points.

Si l'on approche ensuite une flamme de Bunsen de l'espace sombre qui sépare deux points brillants négatifs, de manière à rendre conducteur l'espace compris entre les deux fils, on remarque que le fil s'illumine, non en un point, mais sur une certaine longueur ; de plus, cette partie du fil devenue lumineuse se trouve dans un état d'agitation continue, indice de la position d'un ventre. Il arrive aussi fréquemment que l'état d'équilibre est rompu et l'on voit alors les nœuds et les ventres se déplacer avec une grande rapidité.

Ce dernier fait montre que si une cause accidentelle, une irrégularité imperceptible du fil peut amener une certaine variation de la position d'un nœud, ce n'est pas cet accident qui détermine la *formation* de ce nœud.

Tels sont les indices qui m'ont amené à reconnaître la possibilité de construire un diapason électro-statique capable de fournir des ondes appréciables se propageant à distance.

Ces prévisions ont été réalisées en mettant simplement *un* des pôles d'une forte bobine, activée par un interrupteur Whenelt, en contact avec un fil métallique tendu et convenablement isolé. Les alternances rapides de courant développées par cet interrupteur déterminent dans ce fil des oscillations électro-statiques qui se substituent à l'énergie électro-dynamique de la bobine.

Lorsque le fil est relativement mince, on observe des aigrettes et des points lumineux qui semblent correspondre aux nœuds de vibration, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Mais dans ces conditions, une partie de l'énergie électrique est enlevée au mouvement oscillatoire sous forme d'aigrettes lumineuses, d'où il résulte que le maximum d'effet s'obtient lorsque le fil a un diamètre suffisant pour éviter le phénomène de l'aigrette : il est alors complètement sombre.

Un radio-conducteur, extrêmement sensible, destiné à déceler les oscillations électro-magnétiques, étant placé dans le voisinage immédiat du fil, permet de reconnaître l'absence complète de ces oscillations ; mais il n'en est pas de même des oscillations électro-statiques qui acquièrent la faculté de se propager à l'intérieur d'un étui formé d'un carton épais *c* (fig. 2). Un tube à vide, dont la forme est celle que nous indiquons sur la figure, devient luminescent lorsqu'il se trouve dans le voisinage du fil. Une glace *g* ferme la petite ouverture permettant de voir. Le tube en carton peut être soit tenu à la main, soit isolé par des fils de soie sans que le résultat soit changé.

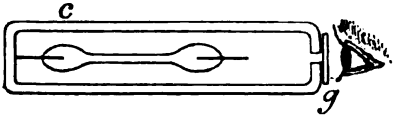


Fig. 2.

On obtient d'excellents résultats en substituant au fil unique une toile métallique à grosses mailles suspendue par des fils de soie. On remarque dans ces conditions que le champ où l'on observe la luminescence est beau-

coup plus homogène. Avec le fil unique, celui-ci varie notablement d'un point à un autre, phénomène qui est sans doute dû à l'interférence des ondulations, et l'on constate même que sous certaines inclinaisons du tube la luminescence cesse de se produire. Afin d'exécuter cette expérience, il suffit de tenir le tube à vide à la main et de l'incliner dans diverses positions. On remarque également qu'à une certaine distance du fil la luminescence devient intermittente.

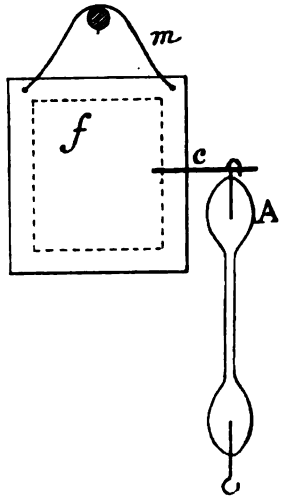


Fig. 3.

Dans une deuxième expérience, la toile métallique servant de résonateur était placée dans le laboratoire; le tube à vide était disposé dans la pièce voisine; une porte séparait les deux appareils. Dans ces conditions, le tube manifestait encore de la luminescence, mais cet effet était faible, probablement à cause de la couche de couleur plus

conductrice que le bois. Mais ayant remplacé la porte par des feuilles de carton, la luminescence réapparut d'une manière intense lorsque les deux appareils étaient séparés par un espace de $0^m,90$. Dans les mêmes conditions, mais sans interposition de lames de carton, la luminescence avait lieu jusqu'à $1^m,50$ de distance. Afin d'obtenir le maximum d'effet à distance, on colle une feuille d'étain *f*, marquée en pointillé, entre deux lames de carton; un petit conducteur *c* établit le contact de la feuille d'étain avec le tube à vide; le tout est isolé avec un fil de soie *m*. Si, dans ces conditions, on met le doigt en contact avec le point A du tube, on obtient le maximum d'effet.

Si l'on vient à placer dans le voisinage d'un résonateur *r* une lame *e* conductrice, par exemple une feuille d'étain (fig. 4) tendue sur un cadre, deux cas peuvent se présenter. Si la lame est parfaitement isolée en la suspendant par des fils de soie, elle ne tarde pas à vibrer à l'unisson avec le résonateur, un tube à vide placé en *v* derrière la lame s'éclaire. Si, au contraire, la lame *e* est mise en communication avec le sol, l'énergie s'écoule et le tube reste obscur.

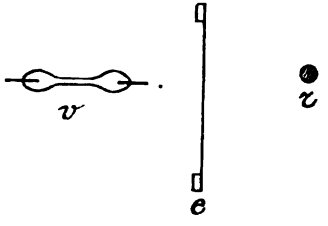


Fig. 4.

Les métaux ne sont donc pas transparents pour ces oscillations; ils n'ont pas de pouvoir réflecteur, mais se

comportent comme des foyers d'ébranlement lorsqu'ils sont isolés.

Les conducteurs en communication avec le sol enlèvent à l'espace environnant l'énergie électrique, ainsi que cela se passe dans le phénomène non oscillatoire.

Il en résulte que, dans les conditions indiquées (fig. 5), le fonctionnement du tube sera enrayé par l'écran *e* placé latéralement à une certaine distance.

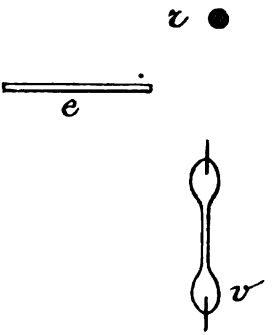


Fig. 5.

Donc, si la surface métallique soumise aux radiations *émet* totalement les radiations qu'elle reçoit, inversement cette surface les *absorbe* également en totalité. Le pouvoir émissif est donc égal au pouvoir absorbant. Mais nous n'avons pu jusqu'à présent trouver une surface réfléchissante.

Il résulte de ces considérations que si l'on interpose entre l'excitateur et le tube à vide une lame *imparfaitement* conductrice, deux cas pourront également se présenter en l'interposant entre l'excitateur et le tube à vide. Si elle est isolée en la suspendant par exemple

à l'aide de fils de soie, le tube sera actionné à la fois par les oscillations qui traversent la lame et par celles qui se développent à sa surface. Si, au contraire, on la met en communication avec le sol en la tenant, par exemple, à la main, les oscillations transmises se communiquent seules au tube et l'on peut estimer la transparence du corps.

Le bois est assez intéressant à cet égard. S'il est parfaitement sec, il est très transparent, mais si ses fibres ont conservé quelque humidité, il devient complètement opaque.

En dehors de toute hypothèse, il résulte donc immédiatement des faits que nous venons de signaler que si l'on détermine une variation de potentiel à la surface d'un conducteur, il se développe une perturbation de l'éther capable de traverser les corps mauvais conducteurs qui ne semblent pas transmettre le phénomène de l'influence, tels que le bois, le carton, etc.

Afin de montrer le phénomène, on peut également se servir d'une machine électro-statique de Ramsden. Afin de faire l'expérience, nous avions placé cette machine dans le laboratoire; dans la pièce voisine se trouvait placé l'électroscope, et la porte de séparation avait été remplacée par l'écran en carton faisant fermeture hermétique. On charge la machine *en ayant soin de mettre l'électroscope à la terre*. La charge étant réalisée, on met l'électroscope en fonction en l'isolant et l'on ne remarque aucune trace d'influence *si le potentiel de la machine est invariable*. Cette dernière remarque relative à l'invariabilité du potentiel est du plus haut intérêt, car le phénomène est complètement modifié si le potentiel varie. *On peut alors appliquer à l'électricité statique une loi équivalente à celle de l'électrodynamique.*

Si l'on approche un conducteur chargé d'un autre conducteur, ou encore si l'on charge ou si l'on accroît le potentiel du premier conducteur, le deuxième conducteur se charge d'électricité de même nom. Le contraire a lieu si l'on exécute les opérations inverses.

Nous pouvons encore dire de même qu'en électrodynamique *un conducteur mis en mouvement dans le voisinage d'un deuxième conducteur tend à se déplacer en sens inverse du mouvement qu'on lui communique.*

L'expérience destinée à vérifier cette loi peut se faire de diverses manières. Approchons le conducteur d'une bouteille de Leyde d'un électroscope renseignant sur le signe de l'électricité, celui-ci étant à la terre, et réglons de plus la distance de manière que l'action de l'influence soit nulle ou négligeable, puis écartons la bouteille; si le conducteur de la bouteille est positif, l'électroscope acquiert une forte charge négative. Tenons la bouteille immobile dans sa deuxième position et, après avoir déchargé l'électroscope, rapprochons-la vivement dans sa première position, l'électroscope se charge positivement.

On peut encore opérer de la manière suivante :

Considérons un électroscope à feuille d'or *en contact avec la terre;* approchons un corps électrisé, par exemple le conducteur d'une bouteille de Leyde électrisé positivement. Si l'on vient à supprimer le contact avec la terre, le phénomène de l'*influence* se manifeste par un écartement relativement faible des feuilles d'or.

Si ensuite on répète la même expérience en ne mettant pas préalablement l'électroscope en contact avec la terre et en approchant le conducteur à la même distance, on remarque que la charge acquise par l'électroscope est incomparablement plus forte, et si on le met en commu-

nication avec un électroscope donnant le signe de l'électricité, on remarque qu'il est électrisé positivement. Si, en troisième lieu, nous reprenons la première expérience relative à l'influence et si l'on vient à éloigner le conducteur de la bouteille, on remarque que les feuilles d'or divergent et l'électroscope est chargé négativement.

Ces actions sont susceptibles de traverser les mauvais conducteurs, tels que le bois, le carton, etc. Une sphère conductrice était mise dans le voisinage de l'écran en carton dont nous avons parlé; dans l'appartement voisin se trouvait l'électroscope. Dans ces conditions, on observe la charge de cet instrument au moment où la sphère se charge et au moment où elle se décharge.

On peut encore faire l'expérience suivante : un électroscope est placé dans le voisinage d'une machine de Ramsden, mais à une distance beaucoup plus grande que celle qui correspond à l'action sensible de l'influence électrostatique. L'observateur tenant à la main un cadre muni d'une feuille d'étain, l'approche et l'éloigne du conducteur de manière à développer des variations de potentiel. On remarque dans ces conditions que l'électroscope suit toutes les oscillations du cadre. Et si, par la pensée, nous imaginons une lame oscillant plusieurs millions de fois à la seconde, nous réaliserons une onde électro-statique dont la longueur d'onde sera comparable à la longueur d'onde électro-magnétique de Hertz.

Nous pouvons encore dire que l'électroscope oscillant dont nous venons de parler est entièrement comparable au diapason qui vibre à l'unisson avec un autre instrument, ou mieux, au récepteur du phonographe.

Il est intéressant de remarquer qu'une ondulation électro-statique puisse être le résultat d'une simple varia-

tion rythmique du potentiel de l'excitateur, alors même que ce dernier ne change pas de signe.

On pourrait désigner cet ordre de phénomènes sous le nom d'*électro-cinétiques* pour les distinguer des autres.

Disons, en terminant, que le fonctionnement des machines de Holtz, de Toepler, etc., est la conséquence de cet ordre de faits; ce sont de véritables dynamos électrostatiques.

—

Sur les nutations eulérienne et chandlérienne d'après les latitudes déterminées à Poulkovo; par F. Folie, membre de l'Académie.

Nous avons démontré que la théorie du mouvement de rotation de l'écorce terrestre indique l'existence de trois périodes dans le phénomène connu sous le nom de variation des latitudes : la période eulérienne, qui dépend des moments d'inertie de la Terre entière; une période qui dépend de ceux de l'écorce terrestre et que nous avons admis être celle de Chandler; enfin la période annuelle.

Dans l'un des derniers numéros du *Bulletin* (août 1899), j'ai émis quelques doutes sur l'exactitude du nombre de jours assigné par Chandler à sa période.

Il m'a paru utile de contrôler cette valeur par la longue série des latitudes de Poulkovo, dont M. Ivanof a déduit, par les intervalles des maxima et des minima, 430.9 et 435.9 jours respectivement, en moyenne 433.4 jours.

J'ai recherché la même période au moyen des intervalles compris entre deux zéros consécutifs.

Voici le tableau des écarts d'après la courbe tracée par M. Ivanof :

I. — *Amplitudes des variations d'après le diagramme de M. Ivanof* (*)

1863.9	16.										
	0										
64.0	-12	65.0	8	66.0	13	67.0	27.	68.0	-12	69.0	-23
	-22		6		8		28		-10		-18
64.1	-27	65.1	3	66.1	6	67.1	28	68.1	-7	69.1	-14
	-24		-1		3		26		-3		-11
64.2	-20	65.2	-6	66.2	-1	67.2	19	68.2	1	69.2	-6
	-15		-13		-2		12		6		-2
64.3	-10	65.3	-14	66.3	-3	67.3	7	68.3	12.	69.3	3
	-5		-13		-7		4		22		9
64.4	0	65.4	-10	66.4	-13	67.4	2	68.4	21	69.4	16
	5		-6		-17		-2		17		21
64.5	8	65.5	-1	66.5	-19	67.5	-3.	68.5	13	69.5	22
	11		3		-19		-6		7.		21
64.6	14	65.6	7	66.6	-17	67.6	-8	68.6	3	69.6	17
	16		11		-13		-10		-3		13
64.7	23	65.7	16	66.7	-10	67.7	-12	68.7	-7	69.7	8
	28		17		-3		-14		-12		4
64.8	25	65.8	18	66.8	4	67.8	-15	68.8	-16.	69.8	0
	18		19		13		-16		-23		-3
64.9	14	65.9	18	66.9	21	67.9	-16	68.9	-26	69.9	-7
	11		16		26		-14		-27		-10

(*) L'unité est le 0''01. Le point après un nombre signifie 0.5.

I. — *Amplitudes des variations d'après le diagramme de M. Ivanof* (suite).

70.0 - 13	71.0 2	72.0 10	73.0 17	74.0 - 8	75.0 - 12
- 16	- 12	8	18	- 5	- 7
70.1 - 17	71.1 - 7.	72.1 4.	73.1 18	74.1 - 2	75.1 - 3
- 16	- 12	1	17	4	2.
70.2 - 14	71.2 - 15	72.2 - 3	73.2 15	74.2 9	75.2 8
- 12	- 19	- 6	12.	13	17
70.3 - 9	71.3 - 21	72.3 - 10.	73.3 8	74.3 13	75.3 22.
- 7	- 22.	- 13	5	10	27
70.4 - 4	71.4 - 22	72.4 - 14	73.4 0	74.4 6	75.4 27
0	- 18	- 17	- 5	1	25
70.5 4	71.5 - 14	72.5 - 18	73.5 - 12	74.5 - 3	75.5 20
8	- 12	- 17	- 18	- 8	
70.6 11	71.6 - 9.	72.6 - 16	73.6 - 22	74.6 - 12	
12	- 6	- 13	- 23	- 15	
70.7 12	71.7 - 3	72.7 - 10	73.7 - 23	74.7 - 17	
11	1	- 5	- 21.	- 19	
70.8 10	71.8 4	72.8 0	73.8 - 18	74.8 - 20	
8	7	6	- 15	- 19	
70.9 7	71.9 10	72.9 10	73.9 - 13	74.9 - 18	
4	11	14	- 11	- 15	

Faisons remarquer tout d'abord que si l'on prend, dans ce tableau, les dates de zéros, on arrive à un résultat très peu satisfaisant, ce qui provient de ce que les trois termes eulérien, chandlérien et annuel y sont enchevêtrés.

Ces dates sont :

1800 + 63.95; 64.4; 65.13; 65.42; 66.18; 66.77; 67.42; 68.18; 68.62; 69.27; 69.80; 70.45; 71.02; 71.78; 72.16; 72.80; 73.40; 74.12; 74.46; 75.13.

On en déduit les intervalles suivants, en 0.01 d'année :

45; 73; 29; 76; 59; 65.; 75.; 44.; 64.; 53; 65; 57.; 75.; 38; 64; 60; 72; 34; 67.

La moyenne en est 0.6421 ou, en jours moyens, 469.05 ± 68.6.

Ce nombre de 469 jours se rapproche de ceux que l'on a fréquemment obtenus pour ce que l'on nomme la période des variations de latitude, mais la grandeur de l'erreur probable ne permet pas d'assigner à ce nombre une signification plus considérable en pratique qu'en théorie.

Pour obtenir une valeur un peu certaine de la période de Chandler, il faut débarrasser les observations des termes eulérien et annuel, et l'on y arrive aisément en prenant d'abord la somme des latitudes à 2 $^1/_2$ ans d'intervalle, ce qui élimine le terme annuel, tout en laissant subsister presque entièrement les termes eulérien et chandlérien, puisque 2 $^1/_2$ ans valent trois périodes eulériennes et deux périodes chandlériennes environ.

On obtient ainsi le tableau suivant, dans lequel la variation, indiquée à chaque date, représente la somme des variations correspondantes à cette date et à celle qui la suit à 2 $^1/_2$ ans d'intervalle :

II. *Sommes des amplitudes à 2 ½ ans d'intervalle.*

1863.9	3.																		
	-17																		
64.0	-31	65.0	-4.	66.0	-26	67.0	49.	68.0	8	69.0	31	70.0	34	71.0	10	72.0	6		
	-44		0		15.		40		2.		30		3.1		30		0		
64.1	-44	65.1	-5	66.1	9	67.1	15	68.1	4	69.1	3.1	70.1	3.1	71.1	30	72.1	1		
	-37		-11		0		30		0		11		30		1.1		11		
64.2	-30	65.2	-18	66.2	8	67.2	27	68.2	13	69.2	0	70.2	31	71.2	.30	72.2	30		
	-18		-27		-14		16		17		1		11		10		30		
64.3	-6	65.3	-29	66.3	-10.	67.3	7	68.3	22.	69.3	7	70.3	0	71.3	30	72.3	.30		
	8		-19		-30.		4		30		10		4		17		12		
64.4	-21	65.4	-26	66.4	39.	67.4	-2	68.4	28	69.4	20	70.4	0	71.4	16	72.4	.19		
	31		20		-44		-2		21		.12		14		20		12		
64.5	-35	65.5	-13	66.5	-42	67.5	0.	68.5	15	69.5	32	70.5	21	71.5	33	72.5	10		
	39		-7.		37		2		5.		30		30		17		21		
65.6	-42	65.6	0	66.6	31	67.6	-3	68.6	4	69.6	21	70.6	30	71.6	14	72.6	10		
	42		8		24		2		15		14		20		2		10		
64.7	42	65.7	17	66.7	-16	67.7	0	68.7	22	69.7	5	70.7	27	71.7	0	72.7	2		
	40		23		-5		-3		31		2		3.1		14		12		
64.8	32	65.8	30.	66.8	7	67.8	5	68.8	37.	69.8	10.	70.8	18	71.8	17	72.8	22		
	22		41		22		-8		15.		10		13		17		10		
64.9	16	65.9	39	66.9	37	67.9	-9	68.9	18	69.9	21	70.9	7	71.9	16	72.9	37		
	9		33		47		10		-15		27.		1		12		30		
																73.9	37		

On en déduit les dates suivantes des zéros :

63.909. 4.321; 5.050; 5.600; 6.150; 6.77; 7.367; 8.07; 8.577; 9.262, 9.773; 70.364; 0.944; 1.662; 2.050; 2.707.

Puis les intervalles

0.412; 729; 550; 620; 597; 703; 507; 685; 511; 591; 580; 718; 388; 657;

dont la moyenne est 0.586, ce qui donne pour la période 428.46 ± 18.4 jours moyens.

Ce résultat est certes beaucoup plus satisfaisant que le précédent; il se rapproche très fort de celui de Chandler et même de ceux qu'a obtenus M. Ivanof.

Il ne nous inspire cependant encore qu'une confiance médiocre, parce que la nutation eulérienne n'en est pas éliminée. Nous y réussirons en faisant la somme des dernières variations prises à 1 $^1/_4$ an d'intervalle, ce qui donne le tableau

III. — *Sommes des amplitudes II, prises deux à deux à 1.25 an d'intervalle.*

1863.9 - 7.							
- 35							
64.0 - 58	65.0 - 9.	66.0 42	67.0 67	68.0 - 9	69.0 - 54	70.0 - 71.	71.0 - 35
- 70	- 19.	22.	71	4.	- 39	- 72	- 50.
64.1 - 63	65.1 - 35	66.1 10	67.1 75	68.1 20	69.1 - 24.	70.1 - 70	71.1 - 61.
- 63	- 50	- 2	67	35	- 11	- 64	- 67.
64.2 - 50	65.2 - 62	66.2 - 10	67.2 48	68.2 35	69.2 5	70.2 - 53	71.2 - 70
- 31	- 69	- 13.	31	49	20	- 39	- 70.
64.3 - 13.	65.3 - 66	66.3 - 17.	67.3 12.	68.3 51.	69.3 33	70.3 - 26	71.3 - 63
8	- 50	- 27	- 3.	51.	45	- 12.	- 56
64.4 29	65.4 - 50	66.4 - 37	67.4 - 17	68.4 42	69.4 55	70.4 4	71.4 - 45.
58	- 36	- 44	- 24	26	59	20	- 31
64.5 58.	65.5 - 18	66.5 - 45	67.5 - 30.	68.5 13	69.5 55.	70.5 35	71.5 - 10
69.	- 0.	- 42	- 35.	- 5	47	43	5
64.6 83	65.6 22	66.6 - 39	67.6 - 42.	68.6 - 20	69.6 44.	70.6 46	71.6 - 21.
81	45	- 33	- 46	- 36	21	45	35
64.7 75	65.7 64	66.7 - 26	67.7 - 45	68.7 - 49.	69.7 4	70.7 39	71.7 - 45
66	73	- 13	- 40	- 62	- 12	30.	51
64.8 47.	65.8 79.	66.8 4.	67.8 - 35	68.8 - 70.	69.8 - 30.	70.8 18	
31	86	26	- 31.	- 78.	- 45.	5.	
64.9 16	65.9 78	66.9 46	67.9 - 26	68.9 - 77	69.9 - 56	70.9 - 7	
1	60	60	- 19	- 69	- 65.	- 21	

Les dates des zéros sont

1800 + 64.322; 4.955; 5.551; 6.142; 787; 7.339; 8.033; 68.538; 9.183; 712; 70.388; .872; 1.533.

De là, en millièmes d'année, les intervalles

633; 604; 591; 645; 552; 694; 505; 645; 530.; 675.; 484; 661;

en moyenne 0.601 pour la demi-période ou, pour la période, 429.0 ± 4.6 jours.

Ce résultat se rapproche très sensiblement du précédent et du nombre déterminé par Chandler; la différence tombe entre les limites de l'erreur probable. On croirait donc pouvoir tenir pour exacte la valeur assignée par Chandler à sa période.

Un contrôle toutefois est indispensable.

La théorie indique manifestement pour l'écorce terrestre, indépendamment de la période annuelle, deux nutations de l'axe d'inertie, dépendant des constantes arbitraires, la nutation eulérienne et une nutation que nous avons admis être la chandlérienne. Il faut donc qu'en éliminant les périodes annuelle et chandlérienne, on retrouve la période eulérienne.

La période annuelle est éliminée dans le tableau II où se manifeste une période de 2 $^1/_2$ ans = 3 périodes eulériennes = 2 périodes chandlériennes environ.

Si nous faisons les sommes des résidus de ce tableau pris à 0.6 an d'intervalle, la période chandlérienne (431 jours) sera à peu près éliminée et les nouveaux résidus devront manifester la période eulérienne. Voici ces sommes :

IV. — *Sommes des amplitudes II, prises deux à deux à 0.6 an d'intervalle.*

1863.9	30								
	12								
64.0	11	65.0 4.	66.0 - 5	67.0 53.	68.0 -12.	69.0 -15.	70.0 - 2	71.0 -21.	71.0 -12
	1	8	- 8.	51	-17.	-16	- 4	-22	-10.
64.1 - 2		65.1 12	66.1 - 7	67.1 45	68.1 -18	69.1 -18.	70.1 - 6	71.1 -23.	71.1 - 9
	3	12	- 5	36	-22	-19	- 5.	-21	- 2
64.2	2	65.2 12.	66.2 - 1	67.2 22	68.2 -24.	69.2 -19.	70.2 - 6	71.2 -21	71.1 - 2
	4	14	- 8	8	-28.	-17	- 4	-23.	8
64.3	10	65.3 10	66.3 17.	67.3 - 2	68.3 -25.	69.3 -14	70.3 - 2	71.3 -23	71.3 6.
	17	14	17	- 9	-15	-11.	- 2	-25	7
64.4	25.	65.4 0	66.4 11.	67.4 -10	68.4 - 9	69.4 - 5	70.4 - 4	71.4 -28	
	31	- 4.	5	-10.	- 9	- 1	- 6	-29	
64.5	30.	65.5 - 4	66.5 3	67.5 4.	68.5 - 8.	69.5 - 1	70.5 - 8.	71.5 -29.	
	28	- 7.	2	11	-11.	- 0	- 9	-24.	
64.6	24	65.6 - 8	66.6 - 4	67.6 16	68.6 -13.	69.6 - 2.	70.6 - 9	71.6 -25.	
	15	- 6	- 8	19	-16	- 3	-11	-22	
64.7	13	65.7 - 2.	66.7 - 9	67.7 22.	68.7 -15	69.7 - 4	70.7 -12	71.7 -19	
	11	- 7	- 4	27	-15	- 3	-13	-16.	
64.8	6	65.8 - 8.	66.8 5	67.8 23	68.8 -11.	69.8 - 4.	70.8 -17	71.8 -15	
	2	- 3	20	13	-13.	- 2	-16	-15.	
64.9	3	65.9 - 3	66.9 37.	67.9 6	68.9 -16	69.9 - 0	70.9 -15	71.9 -16	
	1	- 4	49	- 4.	-16	- 1	-18	-20.	

On y rencontre une série de 4 $^1/_2$ ans de résidus constamment négatifs.

Inutile donc de rechercher la période eulérienne parmi les autres.

Pour découvrir cette dernière, j'ai supposé, conformément à de précédentes déductions (*), que la période chandlérienne pourrait être un peu plus longue que son illustre inventeur ne le pense, et, ne pouvant guère, dans le tableau des résidus de M. Ivanof, procéder que par 0.025 an, j'ai admis, pour la demi-période de Chandler, 0.625 an, et fait les sommes deux à deux des résidus après cet intervalle de temps, à l'effet d'éliminer cette période.

J'ai obtenu ainsi le tableau

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Sciences), août 1899.

V. — *Sommes des amplitudes II, prises deux à deux à 0.625 an d'intervalle.*

1863.9	41																		
	23.																		
64.0	11	65.8	8.	66.0	- 1.	67.0	51	68.0	- 18	69.0	- 19	70.0	- 2	71.0	- 17.	72.0	- 8.		
	1		12.		- 4.		50		- 21		- 20.		- 5		18		- 6.		
64.1	3	65.1	15	66.1	- 1.	67.1	43.	68.1	- 22.	66.1	- 22	70.1	- 8	71.1	- 19.	72.1	- 2		
	1		16		1		55		- 25		- 23.		- 8		- 19.		3		
64.2	3	65.2	18	66.2	6.	67.2	20.	68.2	- 28.	69.2	- 22.	70.2	- 8.	71.2	- 21	72.2	7.		
	1		13		15.		7.		- 80		- 19.		- 7		- 24		10		
64.3	6.	65.3	7	66.3	20.	67.3	- 2.	68.3	- 24	69.3	- 17.	70.3	- 6	71.3	- 25	72.3	7.		
	15		10		12		- 8		- 11		- 13.		- 6.		- 26		6		
64.4	23	65.4	- 5	66.4	15	67.4	- 7	68.4	- 5.	69.4	- 6	70.4	- 9	71.4	- 31				
	28.		- 8		3		- 1.		- 6		- 1		- 11		- 33				
64.5	27.	65.6	- 8.	66.5	0	67.5	7	68.5	- 5.	69.5	1	70.5	- 11	71.5	- 33				
	24.		- 11.		- 4		19		- 8.		2.		- 10.		- 34				
64.6	19.	65.6	- 11	66.6	- 9.	67.6	18	68.6	- 9.	69.6	1	70.6	- 10.	71.6	- 34				
	14		- 9		- 12.		22		- 12		1		- 11.		- 30				
64.7	18	65.7	- 8	66.7	- 12	67.7	26	68.7	- 10.	69.7	0	70.7	- 11	71.7	- 25				
	9.		- 11.		- 5.		26		- 10		0.		- 12.		- 18				
64.8	9	65.8	- 11	66.8	- 5	67.8	19.	69.8	- 8.	69.8	- 0.	70.8	- 14	71.8	- 15				
	5.		- 2		19		10		- 12.		1.		- 12.		- 14				
64.9	11	65.9	- 0.	66.9	38	67.9	1.	68.9	- 17.	69.9	2.	70.9	- 12.	71.9	- 11				
	5		- 1		49.		- 9.		- 20		0		- 15		- 9				

J'en ai conclu les dates suivantes des zéros :

1864.062.; 65.384; 66.136; 66.500; 66.81; 67.287; 60.458;
60.902.; 69.475; 69.950; 72.123;

d'où les intervalles, en 0.001 d'année :

321. = 4*i*; 752 = 2*i*; 364; 31; 467; 170.; 454.;
1.572. = 4*i*; 475; 2.173 = 5*i*.

En faisant abstraction de l'intervalle 0.170., manifestement erroné, on trouve, en moyenne, $i = 0.3975 \pm 0.0114$, ou, pour la période eulérienne, 290.3 ± 8.33 jours.

Il résulte de cette discussion que la période eulérienne serait probablement plus courte, la chandlérienne un peu plus longue peut-être qu'on ne l'a admis jusqu'à ce jour.

Nous avons, en conséquence, admis que la période eulérienne est égale à 0.8 an, et l'avons éliminée en prenant les sommes deux à deux des résidus du tableau II à 0.4 an d'intervalle, ce qui a donné le tableau :

VI. — *Sommes des amplitudes II, prises deux à deux à 0.4 an d'intervalle.*

63.9 - 2.								
- 9								
64.0 - 10	65.0 - 21.	66.0 - 13	67.0 47.	68.0 20	69.0 - 11	70.0 - 25	71.0 - 45	72.0 - 25.
- 10	- 20	- 28.	47	18	2	- 19	- 49	- 32
64.1 - 8.	65.1 - 18	66.1 - 33	67.1 45.	68.1 19	69.1 8.	70.1 - 12	71.1 - 51.	72.1 - 37.
2	- 18.	- 37	41	14.	12	- 3	- 52	- 38
64.2 12	65.2 - 18	66.2 - 39	67.2 30	68.2 8.	69.2 12.	70.2 5	71.2 - 49.	72.2 - 39
24	- 19	- 38	18	2	13	12	- 42.	- 35.
64.3 36	65.3 - 12	66.3 - 35.	67.3 7	68.3 0	69.3 12	70.3 18	71.3 - 33	72.3 - 32.
48	4	- 35	- 2	- 1	14	22.	- 23	- 22
64.4 55	65.4 4.	66.4 - 32	67.4 - 7	68.4 - 9.	69.4 15.	70.4 21	71.4 - 18	72.4 - 10
55	21	- 22	- 10	- 24.	16	27	- 12	7
64.5 51.	65.5 26	66.5 - 5	67.5 - 8	68.5 - 37	69.5 11	70.5 28	71.5 - 6	72.5 15
48	25.	10	- 8	- 39.	1.	24	- 5	18
64.6 46.	65.6 26	66.6 18.	67.6 - 5	68.6 - 41.	69.6 - 9.	70.6 19	71.6 - 4.	
42	23.	25	- 0.	- 45	- 19	9	- 2	
64.7 37	65.7 26	66.7 29	67.7 4	68.7 - 45.	69.7 - 28	70.7 - 2.	71.7 - 1	
29	23	34	6	- 50	- 31	- 11.	0	
64.8 14	65.8 22.	66.8 34	67.8 8	68.8 - 46.	69.8 - 34.	70.8 - 20	71.8 - 3	
- 5	27	38	9	- 46.	- 33	- 27.	- 8	
64.9 - 13	65.9 19.	66.9 44	67.9 13.	68.9 - 41	69.9 - 30	70.9 - 32	71.9 - 14.	
- 10	3	48	20	- 29	- 28	- 38	- 20	

Nous en avons déduit les dates suivantes des zéros :

1864.140.; .836.; 65.337.; .950; 66.517; 67.339; -655.; 68.316.; 69.032.; -557; 70.168.; 689; 71.75; 72.43;

et, en millièmes d'année, les intervalles

696; 501; 613; 566.; 822; 316.; 661; 726; 524.; 611.; 520.; 1.061 = 2*i*; 0.680;

d'où, en moyenne, 0.592 an pour la demi-période, ou, pour la période de Chandler, 432.5 + 14.0 jours.

(Dans le calcul de l'erreur probable, nous avons pris, au lieu des deux nombres très disparates 0.822 et 0.316, deux fois leur moyenne 0.569.)

Encore une fois nous retombons à très peu près sur la valeur assignée par Chandler à sa période.

A première vue, on se demandera pourquoi la période théorique de 305 jours devrait subir une diminution.

Elle dépend des constantes de la précession et de la nutation.

Si p' et n' désignent les corrections que doivent subir ces dernières, $p' - 3.76\, n'$ sera celle de $\frac{C-A}{A}$ ou de la période eulérienne (*).

Or nous pensons que p' est négatif, parce que la constante de la précession renferme implicitement un terme qui dépend du mouvement systématique (**), et qui ne doit pas entrer en ligne de compte dans la recherche de $\frac{C-A}{A}$. Rien d'étonnant donc à ce que la période eulérienne soit un peu inférieure à 305 jours.

(*) *Revision des constantes de l'astronomie stellaire*, p. 83.

(**) *Id.*, pp. 113 et suivantes.

En présence de toutes les concordances que nous venons de trouver relativement à la période de Chandler, la conclusion qui s'impose, ce nous semble, est que celle-ci a été exactement déterminée par son auteur, et que la période eulérienne serait un peu inférieure à 305 jours.

Or nous avons antérieurement (*) déduit des observations de Struve en ascension droite (1824) comparées :

1° à celles de Lindhagen en ascension droite également;

2° à celles de Péters en déclinaison (1843) :

1° Pour la période eulérienne, 304.8 jours; pour la chandlérienne, 447.2 jours;

2° Pour la période eulérienne, 318.6 jours; pour la chandlérienne, 460.3 jours.

Si nous réduisons les premiers résultats des 0.04, les seconds de 0.06 de leur valeur, nous obtiendrons :

$$\left.\begin{array}{l} 292.6 \text{ et } 429.3 \\ 299.5 \text{ et } 432.7 \end{array}\right\} \text{d'où, en moyenne}$$

295 et 431 jours.

Nous retombons ainsi exactement sur la valeur de Chandler pour sa période, et pour l'eulérienne, sur une valeur très rapprochée de celle (290 jours) que nous avons déduite ci-dessus des observations de Poulkovo.

Il semblerait donc que la période de 305 jours doive être diminuée du trentième environ de sa valeur.

Le fait que nous avons déduit la longueur des périodes

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Sciences), août 1899.

eulérienne et chandlérienne de l'introduction de ces deux nutations dans nos formules, aussi bien en ascension droite qu'en déclinaison, finira peut-être par convaincre les astronomes de l'exactitude de celles-ci. Car ils n'ignorent nullement que, dans celles d'Oppolzer, ces nutations n'exercent nul effet en ascension droite, et se traduisent exclusivement par une variation de la latitude relativement au pôle instantané.

On voit qu'il n'en est rien, que ces formules sont donc incorrectes, comme nous l'affirmons depuis bientôt dix ans, et qu'on doit en revenir aux seules formules absolument correctes rapportées au pôle d'inertie, et dans lesquelles les nutations eulérienne et chandlérienne interviennent avec un caractère diurne, en obliquité comme en longitude, et, par suite aussi, en ascension droite comme en déclinaison.

On aura remarqué que la marche des résidus du tableau V n'est pas bien régulière; c'est, comme je l'ai dit, parce que la période chandlérienne n'en est pas suffisamment éliminée, d'une part, peut-être, à cause de son indétermination, d'autre part, surtout, à cause de la difficulté de procéder, dans le tableau de M. Ivanof, par intervalles inférieurs à 0.025 an.

Enfin on sera peut-être un peu surpris de ce que j'aie déduit les différentes périodes des dates des zéros plutôt que de celles des maxima et des minima.

J'avais, pour cela, deux raisons : l'une, c'est que ces dernières dates seraient bien difficiles à fixer à moins de 0.1 an près, comme il est aisé de s'en assurer en consultant les tableaux II, III, IV, V et VI; l'autre, c'est que la latitude *géographique* CONSTANTE de Poulkovo est certai-

nement déterminée avec une très grande précision par une série non interrompue de 12 $^1/_2$ années de bonnes observations.

Il nous reste à évaluer l'importance relative des termes eulérien, chandlérien et annuel.

D'après le tableau VI, dans lequel les termes eulérien et annuel sont éliminés, le plus grand coefficient est 0″.50.

D'après le tableau V, dans lequel les termes chandlérien et annuel sont éliminés, ce coefficient est 0″.34.

Si l'on divise ces coefficients par 4, les quotients 0″.125 et 0″.085 seront un peu inférieurs aux demi-amplitudes des variations eulérienne et chandlérienne.

Le terme eulérien serait donc les 0.68 du terme chandlérien. Ce dernier a pour coefficient, d'après M. Ivanof, 0″.25, d'après Chandler, 0″.16; le coefficient du terme eulérien serait donc 0″.17 (Iv.) ou 0″.11 (Ch.), ce qui n'est certes pas négligeable.

L'introduction de ce terme ne peut pas manquer de modifier un peu le coefficient du terme chandlérien On remarquera, toutefois, que notre résultat se rapproche très sensiblement de celui de Chandler, quoique la nutation eulérienne en soit éliminée.

Enfin on déterminera l'importance du terme annuel en éliminant les termes chandlérien et eulérien; c'est ce qui a été fait dans les tableaux VII et VIII successivement. Le premier est la somme des variations deux à deux à 0.59 an; le second, la somme de ces dernières à 0.4 an d'intervalle.

VII. — *Sommes des amplitudes 1 prises deux à deux à 0.59 an d'intervalle.*

63.9.	24										
	12.										
64.0	1.	65.0	14	66.0	- 4	67.0	20	68.0	- 8	69.0	- 5
	- 5.		16		- 6		18.		- 16.		- 4
64.1	- 5	65.1	18	66.1	- 4.	67.1	16.	68.1	- 13	69.1	0
	3		16		- 1.		12.		- 14		- 5
64.2	5.	65.2	12	66.2	1.	67.2	4	68.2	- 14.	69.2	- 6
	2		6		9		- 4		- 15.		- 5
64.3	5	65.3	4	66.3	16	67.3	- 9	68.3	- 13	69.3	- 4.
	6.		3		17		- 10.		- 5		- 3
64.4	8.	65.4	3.	66.4	14.	67.4	- 10.	68.4	- 3	69.4	- 0.
	11.		3		11		- 13		- 2		3.
64.5	11.	65.5	5	66.5	9	67.5	- 11.	68.5	- 2	69.5	5
	11		6.		7.		- 10		- 4		5
64.6	9	65.6	7	66.6	3.	67.6	- 8	68.6	- 4	69.6	2.
	4		9		0.		- 5		- 10		1
64.7	9	65.7	13	66.7	- 2	67.7	- 0.	68.7	- 5	69.7	- 1.
	15		11		1.		6		- 4		- 3
64.8	14.	65.8	6	66.8	6.	67.8	6	68.8	- 3	69.8	- 4.
	11		3		12		2		- 3		- 4
64.9	12	65.9	- 1	66.9	17.	67.9	- 2	68.9	- 4	69.9	- 4
	13		- 1		20.		- 5.		- 6		-

VII. — *Sommes des amplitudes 1 prises deux à deux à* 0.59 *an d'intervalle* (suite).

70.0 - 2.	71.0 - 8.	72.0 - 6	73.0 - 4	74.0 - 19
- 4	- 9	- 5.	- 5	- 19.
70.1 - 5	71.1 - 10.	72.1 - 6	73.1 - 5	74.1 - 18.
- 5	- 12	- 5	- 4.	- 14.
70.2 - 4	71.2 - 11.	72.2 - 4	73.2 - 3.	74.2 - 11
- 3.	- 12.	- 1	- 3	- 6
70.3 - 2	71.3 - 11.	72.3 - 1.	73.3 - 5.	74.3 - 5
- 2.	- 11.	0	- 6.	- 5.
70.4 - 1.	71.4 - 12	72.4 2.	73.4 - 8.	74.4 - 6.
- 2	- 9.	1	- 10.	- 7
70.5 - 2.	71.5 - 8.	72.5 0	73.5 - 14.	74.5 - 7
- 5	- 10.	0	- 15	- 5.
70.6 - 3.	71.6 - 12	72.6 - 0.	73.6 - 14	74.6 - 3
- 6	- 11.	0	- 11	0
70.7 - 8.	71.7 - 12.	72.7 - 1	73.7 - 10	74.7 6.
- 11.	- 11.	0.	- 11	7
70.8 - 12	71.8 - 10	72.8 1	73.8 - 11	74.8 7
- 11	- 9.	2	- 13	6.
70.9 - 8	71.9 - 8	72.9 - 0.	73.9 - 14	74.9 3
- 8.	- 6	3	- 18	

VIII. — *Sommes des amplitudes VII prises deux à deux à 0.4 an d'intervalle.*

63.9	29										
	19										
64.0	10	65.0	17.	66.0	9.	67.0	9.	68.0	-11	69.0	-5.
	6		19		5.		5.		-18.		-0.
64.1	6.	65.1	23	66.1	5	67.1	5	68.1	-15	69.1	5
	14		22.		2.		2.		-18		0
64.2	14.	65.2	19	66.2	- 4	67.2	- 4	68.2	-18.	69.2	-3.
	6		15		- 9		- 9		-25.		-4
64.3	14	65.3	17	66.3	- 9.	67.3	- 9.	68.3	-18	69.3	-6
	21.		14		- 4.		- 4.		- 9		-6
64.4	23	65.4	9	66.4	- 4.	67.4	- 4.	68.4	- 6	69.4	-5
	22.		6		-11		-11		- 5		-0.
64.5	23.	65.5	4	66.5	-13.	67.5	-13.	68.5	- 6	69.5	1
	24		5.		-15.		-15.		-10		2
64.6	23	65.6	3	66.6	-16	67.6	-16	68.6	- 9	69.6	0
	20		3		-21.		-21		-14		-3
64.7	27	65.7	8.	66.7	-13.	67.7	-13.	68.7	- 5	69.7	-6.
	31		9.		- 8		- 8		- 9		-8
64.8	26.	65.8	7.	66.8	- 8.	67.8	- 8.	68.8	- 9	69.8	-8.
	17		12.		-13.		-13.		- 9		-7.
64.7	16	65.9	15	66.9	-15	67.9	-15	68.9	- 8.	69.9	-6
	16		16		-10.		-10.		- 9		-5.

VIII. — *Sommes des amplitudes VII prises deux à deux à 0.4 an d'intervalle* (suite).

70.0 - 4	71.0 - 20	72.0 - 3.	73.0 - 12.	74.0 - 25.
- 6	- 18.	- 4.	- 15.	- 26.
70.1 - 7.	71.1 - 19	72.1 - 6	73.1 - 19.	74.1 - 25.
- 10	- 22.	- 5	- 19.	- 20
70.2 - 7.	71.2 - 23.	72.2 - 3.	73.2 - 17.	74.2 - 18
- 9.	- 24	- 1	- 14	6
70.3 - 10.	71.3 - 24	72.3 - 2.	73.3 - 15.	74.3 1.
- 14	- 23	0.	- 17.	1.
70.4 - 13.	71.4 - 22	72.4 3.	73.4 - 19.	74.4 0.
- 13	- 19	3	- 23.	0.
70.5 - 10.	71.5 - 16.	72.5 - 0.	73.5 - 28.	74.5 4
- 13.	- 16.	- 3	- 33	
70.6 - 11.	71.6 - 18	72.6 - 4.	73.6 - 33	
- 15	- 17	- 5	- 30.	
70.7 - 19	71.7 - 18.	72.7 - 6	73.7 - 28.	
- 23.	- 16.	- 4	- 25.	
70.8 - 23.	71.8 - 14	72.8 - 2.	73.8 - 22	
- 23.	- 10.	- 1	- 19	
70.9 - 20	71.9 - 9.	72.9 - 6	73.9 - 19	
- 20.	- 6	- 9	- 23.	

Les plus grands coefficients sont 0″.31 et 0″.33; en moyenne 0″.32, qui, divisé par 4, donne 0″.08.

Les coefficients des termes chandlérien, eulérien et annuel seraient donc environ :

0″.13, 0″.09, 0″.08.

Nous disons environ, parce que, en théorie, ces derniers nombres sont un peu inférieurs aux coefficients réels, mais à très peu près dans la même proportion pour chacun d'eux.

D'après Chandler, les valeurs de ces coefficients sont :

0″.16. 0″.00, 0″.11.

M. Ivanof a déduit de la même série d'observations 0″.15 et 0″.04 pour le premier et le dernier coefficient respectivement, en négligeant complètement le terme eulérien.

Par contre, la série des observations de 1842 à 1849 lui a donné 0″.08 et 0″.12 pour le premier et le dernier coefficient (*).

Un tel saltus est inexplicable, et la théorie veut que le

(*) *Recherches définitives sur les variations de la latitude de Poulkovo* (Bull. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg, 5e sér., t. II, n° 4, 1895, pp. 277 et 295).

L'introduction de la nutation eulérienne, omise par M. Ivanof dans ses recherches, ne manquera pas de ramener l'harmonie entre les formules disparates qu'il a trouvées pour les deux séries d'observations.

premier coefficient (chandlérien), qui est une *constante* arbitraire, soit invariable.

Le dernier, dépendant de circonstances météorologiques, pourrait varier d'année en année.

Puissent ces quelques pages inspirer aux astronomes soucieux d'élucider le problème de la variation des latitudes, le désir de rechercher avec zèle les deux périodes dont je viens de parler !

La détermination *exacte* de ces périodes sera le plus grand pas vers la solution de ce problème fameux.

Grivegnée, 3 avril 1900.

—

Phénomènes périodiques observés en mars 1900; par F. Folie, membre de l'Académie.

Le 2. Floraison des crocus mauves et blancs. (Grivegnée.)

Le 5. Feuillaison des groseilliers. (Id.)

Chant du merle. (Id.)

Le 9. Floraison des violettes odorantes. (Id.)

Chant du traquet. (Id.)

Le 20. Floraison de la ficaire et du cornouiller. (Id.)

Le 22. Floraison du saule Marceau. (Id.)

Le 23. Floraison du tussilage pas-d'âne. (Id.)

Le 25. Floraison du pseudo-narcisse. (Tilff.)

Le 30. Floraison de l'anémone sylvie. (Id.)

—

Étude de l'action de la potasse caustique sur la dypnone; par Louis Gesché, préparateur à l'Université de Gand.

Si l'on abandonne de l'acétophénone saturée d'acide chlorhydrique, il se forme, après quelque temps, une forte quantité de triphénylbenzine.

Le même hydrocarbure s'obtient par l'action du zinc-éthyle sur la même cétone.

M. Delacre a démontré, comme on sait (*), que, dans ces deux réactions, la formation de l'hydrocarbure cyclique est précédée de la production d'un produit répondant à la formule brute $C_{16}H_{14}O$, la dypnone, qui provient de la condensation de deux molécules d'acétophénone.

Si l'on soumet la dypnone à l'action de la chaleur, on recueille encore de la triphénylbenzine.

De plus, dans une expérience inédite, M. Delacre a observé que l'on peut obtenir le même hydrocarbure par l'action de la potasse alcoolique sur la dypnone.

On sait, d'autre part, que M. Delacre a pu isoler, dans l'action du zinc-éthyle sur la dypnone, une série d'intermédiaires entre ce composé et le triphénylbenzol. De sorte qu'il lui a été permis d'expliquer le mécanisme de cette importante synthèse.

Mais la triphénylbenzine se forme-t-elle toujours aux dépens de la dypnone en passant par les intermédiaires

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 3e sér., . XX, p. 473, 1890.

de M. Delacre? Et plus spécialement, la potasse se comporte-t-elle vis-à-vis de la dypnone d'une façon absolument identique au zinc-éthyle?

C'est là évidemment une question d'un intérêt considérable. M. Delacre nous engagea à tenter d'élucider ce problème, et les pages qui vont suivre contiennent l'exposé de nos recherches dans cette voie.

Comme on le verra, nous n'avons pu expliquer la formation de triphénylbenzine dans la réaction qui a fait l'objet de nos expériences, par la raison bien simple que nous avons observé que cette formation est accidentelle, anormale. Mais il nous a été donné de prouver qu'il y a une très grande analogie entre la façon d'agir de la potasse et le mode d'action du zinc-éthyle. Les premières phases de la réaction sont comparables, les dernières diffèrent en ce que, à un moment de la réaction, la potasse agit comme agent de scission.

Ainsi nous avons établi que la potasse condense d'abord la dypnone ($C_{16}H_{14}O$) en un produit $C_{32}H_{24}O_2$ identique à la dypnopinacone obtenue par l'action du zinc-éthyle sur la dypnone.

La potasse déshydrate ce nouveau composé comme le zinc-éthyle le fait lui-même, à cette différence près pourtant que notre réactif donne naissance à un isomère du composé obtenu par M. Delacre. Enfin la potasse scinde le nouveau produit, l'isodypnopinacoline σ, en acide benzoïque et en hydrocarbure $C_{25}H_{22}$, très différent du triphénylbenzol.

Nous exposerons plus loin, d'une façon détaillée, les conclusions que nous pensons pouvoir déduire des faits observés par nous; nous avons tenu pourtant à les indi-

quer ici sommairement, afin de rendre plus facile la lecture de la partie expérimentale de notre travail.

Il nous a paru rationnel d'examiner avant tout la façon dont la dypnone se comporte vis-à-vis de la potasse alcoolique diluée. Dans ce but, nous avons institué l'expérience suivante :

Trente grammes de dypnone sont introduits dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant et additionnés de 300 grammes d'une solution alcoolique de potasse caustique à 10 %. Le mélange est chauffé au bain-marie pendant trente heures environ. Après ce temps, on distille l'alcool et lave le résidu semi-solide à l'eau distillée, à plusieurs reprises, puis à l'eau acidulée de 2 % d'acide acétique.

Ce résidu ainsi privé de toute trace d'alcali est soumis à la distillation à la vapeur d'eau. Le produit distillé contient une forte quantité d'acétophénone. Pour recueillir la totalité de ce produit, il convient d'épuiser le distillat à l'éther. La solution éthérée, desséchée au chlorure de calcium, est évaporée, et le résidu, possédant une odeur agréable d'acétophénone, est soumis à quelques essais.

Le produit bout à 199° et, traité par la phénylhydrazine, il s'y combine pour donner naissance à une azone fondant à 105°. Ces deux propriétés sont celles de l'acétophénone.

Dans l'expérience que nous venons de mentionner, nous avons pu recueillir 15 grammes d'acétophénone pure, soit 50 % de la dypnone mise en œuvre.

Nous avons répété cette expérience en faisant varier la concentration de la potasse : en additionnant 10 grammes de dypnone de 2 grammes de potasse et 125 grammes

d'alcool, et soumettant le mélange au même traitement que dans l'expérience précédente, nous avons pu recueillir 8 grammes d'acétophénone, soit 80 %; en opérant sur un mélange de 10 grammes de dypnone, 10 grammes de potasse alcoolique et 10 centimètres cubes d'alcool, nous n'avons pu recueillir que 10 %; enfin, avec un mélange de 10 grammes de dypnone et 10 grammes de potasse alcoolique cristallisable, nous n'avons pu recueillir d'acétophénone.

Il semble résulter de ce qui précède que la potasse alcoolique diluée hydrate la dypnone et que cette action est d'autant plus prononcée que la potasse est de concentration plus faible.

Une objection s'est pourtant présentée à notre esprit : la vapeur d'eau n'a-t-elle aucune action sur la dypnone, ou tout au moins n'hydrate-t-elle pas ce composé?

L'expérience nous permet de répondre négativement à cette dernière question. En effet, nous avons soumis à la distillation, à la vapeur d'eau, de la dypnone pure, de la dypnone faiblement alcalinisée et de la dypnone additionnée d'une trace d'acide acétique; dans aucun de ces trois cas, nous n'avons pu constater la présence d'acétophénone dans le produit de la distillation.

Donc l'hydratation de la dypnone est bien le fait de la potasse diluée.

Quels sont les produits secondaires de cette réaction? Nous reviendrons plus tard sur cette question. Signalons pourtant, en passant, que nous n'avons pu isoler de dypnone et qu'il nous a été également impossible de découvrir, dans les produits secondaires de la réaction, un composé qui correspondrait à la phorone, soit $3(C_6H_5 - CO - CH_3) - 2H_2O$.

La potasse alcoolique diluée ne pouvait donc nous conduire à la solution du problème que nous nous étions posé, et c'est uniquement à la potasse concentrée que nous pouvions avoir recours dans nos expériences ultérieures.

Nous avons institué une série d'expériences dans lesquelles nous avons soumis la dypnone (une partie) à l'action de la potasse alcoolique cristallisée (une partie) en tube scellé et à la température de 180°. La durée de la chauffe a été, dans chaque expérience, d'environ trente heures.

Le produit de la réaction a été lavé à l'eau distillée jusqu'à ce que sa réaction ne fût plus que faiblement alcaline; le lavage a été achevé à l'aide d'eau acidulée de 2 % d'acide acétique.

Les eaux de lavage alcalines soigneusement réunies ont été épuisées à plusieurs reprises par l'éther. La solution éthérée, préalablement séchée, a été évaporée au bain-marie. Le résidu de cette distillation est constitué par une portion extrêmement faible de produit dont il nous a été impossible de déterminer la nature.

On sait que M. Ameye (*) a constaté que, dans l'action de la chaleur sur la dypnone, il y a formation d'aldéhyde benzoïque. Nous avons vainement recherché la présence de ce composé dans le résidu dont nous venons de parler, de même qu'il nous a été impossible d'y retrouver de l'alcool benzylique, corps qui aurait pu se former par l'action de la potasse sur l'aldéhyde.

Les eaux de lavage ainsi épuisées ont été acidifiées par de l'acide chlorhydrique et épuisées de nouveau par

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1899, n° 3 (mars).

l'éther. La solution éthérée sèche a abandonné, par évaporation au bain-marie, un produit possédant l'odeur agréable de l'acide benzoïque. Le poids de ce résidu représentait environ 40 % de celui de la dypnone mise en œuvre.

Ce produit a été recristallisé à plusieurs reprises dans l'eau distillée et se présentait, après ces opérations, sous forme de belles paillettes blanches nacrées, à odeur agréable d'acide benzoïque et fondant à 121°.

Les combustions suivantes indiquent que ce composé n'est autre que l'acide benzoïque :

Substance . .	0.1263	0.1301	
Eau	0.0579	0.0584	Calculé pour
CO_2.	0.3186	0.3281	$C_7H_6O_2$
C°/₀.	68.79	68.77	68.85
H°/₀	5.09	4.98	4.92

Le produit principal de la réaction a été soumis à la distillation sous faible pression (environ 13 millimètres).

Vers 270° (thermomètre intérieur), nous avons recueilli un produit qui possède toutes les propriétés d'un hydrocarbure auquel M. Delacre a attribué la formule $C_{25}H_{22}$ et qu'il a obtenu par l'action de la potasse sur diverses dypnopinacolines.

En effet, le produit distillant vers 270° cristallise de sa solution alcoolique en magnifiques paillettes blanches qui fondent à 95°. Par la conservation à la lumière du jour, il prend une teinte verdâtre; hydrogéné par l'amalgame de sodium, il se transforme en un composé cristallisant en gros cristaux vitreux fondant à 144° (*). Nous

(*) Nous reviendrons, dans une prochaine communication, sur cette hydrogénation.

avons obtenu le même produit en chauffant 1 gramme de substance avec 10 grammes de potasse alcoolique cristallisée en tube scellé à 180° pendant plusieurs heures. Ce produit, qui serait donc un produit d'hydrogénation de l'hydrocarbure primitif, correspondrait au composé auquel M. Delacre a assigné la formule $C_{25}H_{24}$.

L'ensemble des faits que nous venons de citer caractérise déjà suffisamment le composé auquel nous avions affaire; nous avons cru cependant utile de déterminer sa composition centésimale et sa grandeur moléculaire.

Voici le résultat de nos analyses :

Substance . .	0.1076	0.1125	0.1027	
Eau.	0.0691	0.0716	0.0661	Calculé pour
CO_2.	0.3669	0.3836	0.3510	$C_{25}H_{22}$
C°/₀.	92.93	92.99	93.21	93.17
H°/₀.	7.13	7.07	7.14	6.83

La cryoscopie a donné :

Benzine 16gr,6873. — Congélation 5°.120.

Substance.	Congélation.	Poids moléculaire.
—	—	—
0.1298	4°.975	262
0.2104	4°.890	294
0.3345	4°.765	335
0.4302	4°.680	286
0.5567	4°.530	267

Moyenne 277 (*). — Calculé 322.

(*) M. Delacre avait trouvé 281.1.

La formule $C_{25}H_{22}$ convient donc bien au produit qui nous occupe.

La potasse alcoolique cristallisée a par conséquent, dans le cas de nos expériences, transformé la dypnone en acide benzoïque et en hydrocarbure $C_{25}H_{22}$.

Ces deux produits sont précisément les deux composés isolés par M. Delacre dans l'action de la potasse sur les dypnopinacolines.

Dès lors, je pouvais émettre l'hypothèse que la première phase de la réaction devait être la production d'une dypnopinacoline qui serait très probablement l'isodypnopinacoline α, étant donné que cet isomère a une tendance particulière à se former en milieu alcalin.

J'ai tâché de prouver expérimentalement le bien fondé de cette hypothèse.

Mais avant d'exposer le résultat de mes recherches dans cette voie, je dois signaler encore quelques faits qui ont rapport à l'action de la potasse en tube scellé à 180°.

Nous venons, en effet, d'indiquer seulement les deux produits principaux de la réaction qui, en poids, représentent ensemble environ 80 % du poids de la dypnone employée.

A côté de ces produits, il s'en forme d'autres et notamment, parfois, une certaine quantité d'un produit fondant à 170° et auquel les combustions suivantes permettent d'assigner la formule $C_{18}H_{24}$ (triphénylbenzine).

Substance . .	0.1075	0.1402	0.1095	
Eau	0.0600	0.0764	0.0608	Calculé pour
CO_2.	0.3701	0.4855	0.3781	$C_{18}H_{24}$
C %	95 89	94.05	94.17	94.11
H %	6.20	6.05	6.16	5.88

On conçoit facilement que cette production de triphénylbenzine nous arrêta longuement.

Aussi nos expériences furent-elles reprises un grand nombre de fois, mais tous nos essais ne nous conduisirent qu'à la constatation de l'infidélité de la réaction.

Il n'est du reste pas étonnant, étant données les conditions dans lesquelles nous nous trouvions, que nos résultats ne fussent pas toujours absolument identiques.

La concentration de notre réactif ne saurait être toujours absolument la même; la température peut varier dans certaines limites; enfin, si l'on se représente la façon dont la potasse, qui se prend en masse pendant qu'on la transvase, entre en contact avec la dypnone dans un tube de 1 centimètre de diamètre, on doit admettre aisément la possibilité des divergences que nous signalons.

Ayant admis hypothétiquement que le manque d'homogénéité du mélange de potasse et de dypnone pourrait être la cause principale de la variation des rendements en triphénylbenzine, nous avons modifié, de la façon suivante, les conditions de l'expérience :

Nous avons mélangé intimement parties égales de potasse alcoolique cristallisée et de dypnone dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux. Le mélange est chauffé au bain d'huile à 180° pendant environ vingt heures. Dans ces conditions, nous n'avons jamais obtenu de triphénylbenzine et les rendements en acide benzoïque et hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ dans des opérations effectuées sur 100 grammes de dypnone, montrent que les produits secondaires n'ont qu'une importance absolument négligeable.

Nous avons obtenu, dans certains cas, 38 grammes

d'acide benzoïque brut et 55 grammes d'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$.

Nous n'insisterons pas davantage ici sur la cause probable de la formation accidentelle du triphénylbenzol, nous réservant d'y revenir dans la suite.

Nous établirons d'abord que hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ et acide benzoïque proviennent de la scission d'une dypnopinacoline, scission provoquée du reste par la potasse elle-même.

En effet, si, au lieu de chauffer à 180° le mélange de potasse alcoolique cristallisée et de dypnone à parties égales, on abandonne pareil mélange à la température ordinaire pendant vingt-quatre heures environ, on obtient avec des rendements très élevés de l'isodypnopinacoline α. Cette réaction constitue une méthode très pratique et très économique de préparation de ce produit.

Pour l'obtenir, il suffit de reprendre, au bout de vingt-quatre heures, la masse provenant de la réaction, par de l'eau distillée jusqu'à cessation de réaction alcaline et de faire cristalliser le produit, soit dans l'acide acétique glacial chaud, soit dans l'alcool chaud.

Ces deux dissolvants abandonnent, par refroidissement, des cristaux fondant à 131°.5-132° dont nous avons fait l'analyse élémentaire et dont nous avons déterminé la grandeur moléculaire par la cryoscopie.

Nous consignons nos résultats dans les tableaux ci-dessous :

Substance .	0.1067	0.1054	0.1685	
Eau	0.0586	0.0578	0.0945	Calculé pour
CO_2	0.3534	0.3479	0.5559	$C_{32}H_{26}O$
C°/₀	90.32	90.02	89.96	90.14
H°/₀	6.10	6.09	6.25	6.10

Benzine 23gr,4869. — Congélation 5°.300.

Substance.	Congélation.	Poids moléculaire.
—	—	—
0.1387	5°.210	401
0.3086	5°.110	370

Benzine 23gr,1253. — Congélation 3°.410.

Substance.	Congélation.	Poids moléculaire.
—	—	—
0.2743	3°.265	371
0.6155	3°.060	372
0.7518	2°.975	366
0.9133	2°.900	394
1.1016	2°.780	370

Signalons encore que ce composé traité par la potasse s'est scindé en acide benzoïque et en hydrocarbure $C_{25}H_{22}$.

Il ne saurait donc y avoir de doute sur la nature du produit que nous avons isolé.

M. Delacre a du reste utilisé, depuis, cette méthode de préparation de l'isodypnopinacoline α; plusieurs kilogrammes d'isodypnopinacoline α ont été préparés de cette façon dans son laboratoire.

Les proportions d'isodypnopinacoline α qui se produisent sont assez variables (cette variabilité est à attribuer surtout à la variation du titre de notre réactif et aussi à la température qu'il possède au moment où l'on opère le mélange). Dans des opérations conduites avec le plus grand soin et spécialement faites dans le but d'apprécier quantitativement la réaction, nous avons pu recueillir

80 grammes d'isodypnopinacoline α (*) en partant de 100 grammes de dypnone.

L'isodypnopinacoline α n'est pas le seul produit de la réaction.

Comme dans les opérations précédentes, il ne se forme ici ni triphénylbenzine ni produit du genre phorone, il ne se forme que des traces d'acide benzoïque; mais nous avons pu recueillir un produit secondaire dont il nous a été malheureusement impossible de faire une étude complète. Ce produit ne s'obtient qu'en très faible quantité et est probablement un mélange de deux composés (voire même de plus de deux) qu'il ne nous a pas été donné de séparer par cristallisation, malgré de longues et nombreuses recherches.

Nous ne pouvons résister au désir de consigner ici les renseignements que nous avons pu recueillir sur ce ou ces composés.

Le produit se dépose partiellement, sous forme de flocons, dans les solutions chaudes du produit total de la réaction, avant la formation des cristaux d'isodypnopinacoline α. Après la formation de ces derniers, on peut, en évaporant les eaux mères, obtenir une nouvelle portion de ce composé.

Les masses ainsi obtenues, dissoutes dans un mélange de ligroïne et de benzine, cristallisent sous forme d'aiguilles longues et soyeuses mélangées à une très petite quantité d'aiguilles beaucoup plus courtes et de

---

(*) Le rendement théorique serait de 96 avec la dypnone absolument pure, mais il n'est pas certain que ce corps soit connu à l'état de pureté comme M. Delacre l'a fait remarquer lui-même.

diamètre plus grand que les premières. La séparation à la loupe n'a pas été possible.

Le mélange possède un point de fusion qui se trouve vers 153°. Repris par l'acide acétique glacial bouillant, ce composé se dépose partiellement sous forme de cristaux en aiguilles dont le point de fusion se rapproche de plus en plus de 147°, à mesure que l'on répète les cristallisations.

L'acide acétique modifie-t-il le produit ou le purifie-t-il? Nous n'oserions répondre d'une façon catégorique à cette question.

Les faits que nous signalons ci-dessous nous permettent pourtant d'émettre une hypothèse au sujet de la nature de ces produits secondaires. Nous pensons avoir eu affaire à un mélange contenant une homodypnopinacone (qui se déshydrate par l'acide acétique chaud) et une homodypnopinacoline. Nous avons hâte d'ajouter que cette hypothèse demande à être appuyée encore de faits précis. Dès que nous aurons à notre disposition une quantité convenable de substance, nous continuerons nos recherches dans cette voie.

En attendant, consignons les faits déjà observés par nous.

Transcrivons d'abord les résultats de combustions faites avec divers échantillons possédant des points de fusion différents.

Fusion . . .	155°	154°	152°	148°	147°.5	147°
Substance .	0.1331	0.1243	0.1151	0.1050	0.1283	0.1557
H_2O.	0.0737	0.0686	0.0563	0.0585	0.0715	0.0875
CO_2.	0.4288	0.4054	0.3558	0.3488	0.4224	0.5142
C°/₀.	87.86	88.94	88.13	90.59	89.71	90.06
H°/₀.	6.15	6.13	5.68	6.19	6.11	6.24

Les trois premières combustions conduisent à des chiffres très voisins de ceux fournis par les dypnopinacones; les trois dernières fournissent des chiffres que l'on peut rapprocher de ceux que donne la combustion des dypnopinacolines. (C°/₀ = 90.14; H°/₀ = 6.10.)

Nous avons traité le produit tel quel par le chlorure d'acétyle bouillant et nous avons recueilli, par refroidissement de ce dissolvant, une certaine quantité de cristaux fondant à 147°. La quantité était trop faible pour qu'il nous ait été possible de faire l'étude de ce composé.

En hydrogénant le produit secondaire, nous avons obtenu des résultats qu'il nous paraît intéressant de signaler.

La solution alcoolique du produit provenant de l'hydrogénation par l'amalgame de sodium laisse déposer des cristaux qui, après purification par recristallisation dans l'*alcool*, se présentent sous forme de gros cristaux tabulaires et vitreux.

Ils se comportent d'une façon remarquable quand on les soumet à la fusion. Vers 90°, ils fondent, se solidifient un peu au delà de cette température pour refondre vers 130°.

Si l'on dissout ces cristaux dans la ligroïne chaude, on les transforme en petites aiguilles qui fondent vers 129 à 129°.5.

Ce produit se comporte donc absolument comme le composé décrit par M. Delacre sous le nom d'alcool homodypnopinacolique α, et le composé fondant à 90°-130° est un alcoolate de celui fondant à 129°-129°.5 (*).

(*) M. Delacre, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 3e sér., t. XXXII, 1896, nos 9-10.

Si nous avons insisté sur les renseignements encore bien incomplets que nous possédons sur la nature de ces produits secondaires, c'est uniquement parce que nous avons voulu établir, d'une façon à peu près certaine, que ces produits ont une composition très voisine de celle du produit principal de la réaction que nous avons identifié plus haut avec l'isodypnopinacoline α.

Nos recherches auraient pu, à vrai dire, s'arrêter ici; nous avons tenu, pourtant, à tâcher d'expliquer le mécanisme de la formation de l'isodypnopinacoline α.

Celle-ci se fait-elle par déshydratation de la dypnone ou sa formation est-elle précédée de celle d'un composé du genre dypnopinacone?

Nos dernières expériences ont été faites dans le but de répondre à cette question.

Disons immédiatement que ce n'est qu'avec une certaine appréhension que nous avons entrepris nos recherches dans cette voie.

Notre réactif possède, en effet, un pouvoir de déshydratation considérable et, dans le cas où une dypnopinacone se serait formée, il était à craindre qu'elle ne fût déshydratée au moment même de sa production.

M. Delacre a, du reste, établi la grande sensibilité de la dypnopinacone vis-à-vis de la potasse, même diluée.

Contre notre attente pourtant, nos efforts furent couronnés de succès, si bien qu'il nous a été permis un instant d'espérer que nous aurions pu trouver dans cette réaction un procédé de préparation de la dypnopinacone qui ne peut s'obtenir jusqu'à présent que par le zinc-éthyle, réactif assez coûteux.

Pour recueillir de la dypnopinacone, il suffit d'interrompre, dans l'expérience qui nous a fourni l'isodypno-

pinacoline α, l'action de la potasse au bout de trois heures environ.

Pour la retirer de la masse de la réaction, nous avons additionné celle-ci d'une certaine quantité d'éther et acidulé très faiblement le tout par l'acide acétique. Au bout de peu de temps, il se forme dans l'éther de petites aiguilles cristallines qu'il suffit de recueillir et de faire recristalliser dans l'alcool pour obtenir de magnifiques aiguilles d'une blancheur éclatante et d'une pureté parfaite. Ces aiguilles fondent à 162° et les résultats qui suivent nous permettent de les identifier d'une façon absolument certaine avec la dypnopinacone.

La combustion conduit aux résultats qui suivent :

Substance . .	0.1002	0.1103	0.1627	
Eau	0.0610	0.0651	0.0945	Calculé pour
CO_2	0.3174	0.3500	0.5152	$C_{32}H_{18}O_2$
C°/₀	86.48	86.54	86.36	86.49
H°/₀	6 77	6.55	6.45	6.31

Nous avons repris les cristaux fondant à 162° par de l'acide acétique glacial bouillant. Ce dissolvant, conformément à nos prévisions, a laissé déposer de gros cristaux d'un beau jaune, fondant à 133°.5. Les résultats suivants nous permettent d'attribuer à ce composé la formule $C_{32}H_{26}O$ et l'ensemble des faits nous autorise à le considérer comme étant de la dypnopinacoline α.

Substance . .	0.1900	0.1572	0.2435	
Eau	0.1079	0.0912	0.1341	Calculé pour
CO_2	0.6277	0.5183	0.8045	$C_{32}H_{26}O$
C°/₀	90.10	89.90	90.10	90.14
H°/₀	6.30	6.45	6.11	6.10

On sait que la transformation de la dypnopinacone en dypnopinacoline α par dissolution de ce composé dans l'acide acétique chaud est la réaction la plus caractéristique de ce composé.

Nous croyons donc avoir suffisamment prouvé la nature du produit fondant à 162°.

Comme dans nos expériences dans lesquelles nous avons recueilli l'isodypnopinacoline α, nous avons tâché de nous rendre compte ici du rendement en dypnopinacone.

Dans quelques essais, nous avons obtenu jusque 31 % de ce dérivé, mais c'est le maximum de rendement.

Nous avons fait varier le temps de contact entre quinze minutes et trois heures; de même nous avons modifié le *modus operandi;* dans aucun cas, nous n'avons pu recueillir plus de 31 % de dypnopinacone.

Notons encore que dans tous nos essais cette dypnopinacone était accompagnée d'isodypnopinacoline α, ce qui du reste était conforme à nos prévisions.

Résumé et conclusions.

Nous ne reviendrons plus ici sur le fait, que nous avons suffisamment établi au début de notre exposé, que la potasse diluée hydrate la dypnone.

C'est là une première conclusion qui se passe de commentaires.

Nous croyons devoir nous arrêter un peu plus longuement sur un point que nous avons souligné en passant, à savoir sur la production de faibles proportions de triphénylbenzine (0.50-10 %) dans l'action de la potasse concentrée en tube scellé à la température de 180°.

Connaissant actuellement la marche de la réaction, il nous sera plus facile d'exposer, à cet endroit, notre manière de voir.

Rappelons, avant tout, que dans un très grand nombre de nos expériences en tube scellé, il nous a été impossible de découvrir de la triphénylbenzine parmi les produits de la réaction.

Cette circonstance nous autorise déjà à considérer sa production comme accidentelle et anormale; la faiblesse du rendement fait voir que, dans tous les cas, cet hydrocarbure ne joue qu'un rôle secondaire dans la réaction; enfin le fait très important, d'après nous, que la triphénylbenzine ne se produit pas dans nos expériences en vase ouvert à la même température (180°), alors que la masse est maintenue complètement homogène, confirme absolument cette conclusion.

Mais les expériences subséquentes fournissent des arguments irréfutables. En effet, nous avons vu que le produit principal (on pourrait presque dire unique, puisqu'il peut atteindre 80 %) de la réaction à la température ordinaire est l'isodypnopinacoline α. Or M. Delacre a établi que ce composé ne fournit de la triphénylbenzine que dans des conditions toutes spéciales, contrairement à ce qui se passe avec le plus grand nombre des isomères de ce produit.

Il est vrai pourtant que si l'on distille dans le vide l'isodypnopinacoline α, on obtient une certaine quantité de triphénylbenzine, mais cette quantité est faible, par la nature même de la réaction.

Mais on ne doit point perdre de vue que la potasse agissant sur toutes les dypnopinacolines connues jusqu'ici scinde ces produits en acide benzoïque et hydrocarbure $C_{25}H_{22}$.

Quoi qu'il en soit, la possibilité d'obtenir de la triphénylbenzine par l'action de la chaleur sur l'isodypnopinacoline α nous permet de formuler une première hypothèse sur la production de cet hydrocarbure dans quelques-unes de nos expériences.

On peut admettre, en se rappelant ce que nous avons dit au sujet de la nature de notre réactif et les conditions de nos expériences, qu'accidentellement une faible portion d'isodypnopinacoline α échappe à l'action de la potasse et subit uniquement l'action de la chaleur.

Mais la production de dypnopinacone permet de formuler une seconde hypothèse, à savoir qu'une portion de celle-ci échappe accidentellement à l'action de la potasse et est uniquement influencée par l'action de la chaleur.

Nous ne voulons pas accorder à ces hypothèses plus d'importance qu'elles n'en méritent, mais tout au moins pensons-nous avoir établi clairement, par l'ensemble de nos observations, que la potasse alcoolique concentrée agissant sur la dypnone ne peut fournir de la triphénylbenzine et que la production de cet hydrocarbure dans quelques-unes de nos expériences doit être attribuée à l'action d'un agent différent de la potasse caustique, par exemple la chaleur.

Nous tenons à insister sur l'importance de nos observations au point de vue de l'histoire de la synthèse du triphénylbenzol.

Par la potasse seule, nous ne pouvons produire cet hydrocarbure, mais ce réactif nous conduit à un composé : la dypnopinacone, qui peut, par diverses voies, conduire à l'hydrocarbure cyclique, comme M. Delacre l'a fait voir.

C'est dire que si, dans la réaction que nous venons d'étudier, la production de triphénylbenzol n'a pas lieu,

ce fait est dû à une circonstance spéciale, fortuite, à savoir que la potasse possède la propriété de déshydrater la dypnopinacone en donnant naissance à un isomère iso des dypnopinacolines qui, lui, ne produit que très difficilement du triphénylbenzol.

A cette propriété, il faut ajouter celle qu'a la potasse, de scinder les dypnopinacolines [peut-être en les isomérisant au préalable (?)].

En d'autres termes, disons que la triphénylbenzine ne se produit pas, parce que la potasse possède la propriété de scinder les dypnopinacolines en un hydrocarbure différent du triphénylbenzol.

La constitution de l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$, produit ultime de l'*action de la potasse* sur la dypnone, présente un grand intérêt au point de vue de l'histoire des dypnopinacolines et par conséquent au point de vue de celle de l'importante synthèse graduelle dont s'occupe M. Delacre.

Depuis quelque temps, nous avons entrepris l'étude systématique de la constitution de ce produit ($C_{25}H_{22}$) et nous espérons pouvoir communiquer sous peu à l'Académie les résultats acquis dans cette voie; nous espérons pouvoir mettre en lumière la relation qui existe entre cet hydrocarbure et le triphénylbenzol, et rattacher ainsi à ce dernier composé hydrocarboné les isodypnopinacolines.

Avant de terminer cette communication déjà longue, nous croyons devoir attirer l'attention sur la façon dont la potasse alcoolique cristallisée agit sur la dypnone.

Le petit tableau suivant indique les différentes phases de cette réaction :

Première phase. Condensation par simple polymérisation :

$$2C_{16}H_{14}O = C_{32}H_{28}O_2, \text{ dypnopinacone.}$$

Deuxième phase. Déshydratation :

$$C_{21}H_{28}O_2 - H_2O = C_{21}H_{26}O, \text{ isodypnopinacoline } \alpha.$$

Troisième phase. Scission :

$$C_{21}H_{26}O + KOH = C_7H_5O_2K + C_{14}H_{21}.$$

Les deux premières phases nous paraissent particulièrement intéressantes au point de vue de l'histoire de l'action de la potasse sur les cétones.

En terminant, nous nous faisons un plaisir d'adresser publiquement nos bien vifs remerciements à notre savant maître, M. le professeur Delacre, pour les nombreux conseils et les encouragements qu'il nous a donnés au cours du présent travail dont les nombreuses difficultés ont failli plus d'une fois nous décourager.

Gand, Laboratoire de recherches de l'Université.

Sur la différence spécifique entre les acétones et les aldéhydes au point de vue expérimental; par MM. Oechsner-de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier, et Servant.

Les aldéhydes et les acétones ont été définies d'une manière très précise, en se basant principalement sur la différence des résultats produits par l'oxydation à chaud. Malgré les nombreux et excellents travaux publiés sur cette question, malgré les définitions exactes qui ont été données, il nous a semblé utile et intéressant de revenir sur cette importante question, en étudiant le processus d'oxydation, *à froid*, de certaines aldéhydes et de certaines acétones.

[illegible] l'acétone ordinaire, [illegible] comme à dehyde, [illegible] sur [illegible] de [illegible].

[illegible] à faire passer [illegible] suffisamment [illegible] dans les acétones [illegible] dans leurs solutions [illegible].

1. Nous avons placé [illegible] grammes d'acétone ordinaire, [illegible] dans une fiole [illegible] un aspirateur à eau. Nous avons fait passer 500 litres d'air, lentement et [illegible] à travers une [illegible] de la potasse. Au bout de [illegible] que la réaction de l'acétone [illegible]. Cette même acétone a été [illegible] d'eau distillée pure [illegible] passer dans cette solution [illegible]. L'expérience étant terminée, la réaction de la liqueur était neutre.

2. Cette dernière liqueur a été additionnée d'une [illegible] suffisante pour la [illegible]. Nous connaissions exactement le [illegible] de cette lessive de soude. Nous avons fait passer, dans les mêmes conditions, 400 litres d'air. Finalement, le titre de la liqueur n'avait pas changé.

3. Nous avons rendu la liqueur un peu plus fortement alcaline et nous avons fait passer encore 400 litres d'air; même résultat. Nous ferons observer que la fiole renfermant l'acétone, l'eau et la soude était maintenue à l'abri des rayons directs du soleil, mais placée en lumière diffuse.

4. Une petite quantité d'acétone pure et neutre a été placée dans une éprouvette remplie d'oxygène pur qui

reposait sur la cuve à mercure et abandonnée pendant trois mois dans une salle très éclairée de l'Institut de chimie. Au bout de ce temps, la réaction a été essayée; elle était restée neutre.

5. Quelques grammes d'acétophénone pure et neutre (bel échantillon cristallisé de la maison Kahlbaum) ont été délayés dans de l'eau distillée neutre. Nous y avons fait passer 1,500 litres d'air. Pas de changement dans la réaction.

6. Un certain poids de benzophénone, bien cristallisée et neutre, a été dissous dans 100 grammes d'un mélange d'eau distillée et d'alcool pur et neutre à 95°. Le tout a été traversé par 1,500 litres d'air. La fiole était protégée contre les radiations solaires afin d'empêcher l'allotropisation de la benzophénone. A la fin de l'expérience, la réaction était demeurée neutre.

7. Un certain volume d'aldéhyde éthylique pure a été dissous dans de l'eau distillée bien neutre. On y a fait barboter de l'air pendant une demi-journée; l'appareil était installé de manière à empêcher l'entraînement de l'aldéhyde.

Voici les résultats obtenus avec une solution de potasse demi-normale préparée au moment de l'expérience :

L'aldéhyde, lorsqu'elle a été retirée du flacon de collection, renfermait $0^{gr},021$ d'acide acétique par 5 centimètres cubes de liquide.

Après l'expérience, l'aldéhyde renfermait $0^{gr},0285$ de $C^2H^4O^2$ par 5 centimètres cubes de liquide.

8. Dans une autre expérience, nous avons fait passer le courant d'air plus longtemps.

Au commencement, l'aldéhyde employée renfermait $0^{gr},018$ de $C^2H^4O^2$ par 5 centimètres cubes; à la fin, elle en renfermait $0^{gr},024$ pour le même volume.

Conclusion. — Nous croyons avoir le droit, après ces longues recherches, de formuler la conclusion suivante :

La différence spécifique entre les aldéhydes et les acétones consiste bien : 1° en ce que les acétones ne s'oxydent pas à froid; 2° en ce que les aldéhydes, placées dans les mêmes conditions extérieures, s'oxydent sensiblement à l'état d'acides.

Travail fait à l'Institut de chimie de la Faculté des sciences (Université de Montpellier).

Racovitzia glacialis, Poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition antarctique belge (communication préliminaire); par M. Louis Dollo, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle, à Bruxelles.

I. — Introduction.

Comme suite à mes précédentes communications, je viens présenter à l'Académie la description d'un troisième Poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition antarctique belge.

Il s'agit encore, aujourd'hui, d'un type dont nous n'avons qu'un seul spécimen. En outre, de petites dimensions, et plus ou moins mutilé. D'ailleurs, fort intéressant, comme on le verra plus loin.

M'inspirant de précédents créés, notamment, à l'occasion de la fameuse Expédition du *Challenger* (1), j'appellerai notre Poisson : *Racovitzia glacialis*.

---

(1) Exemple : *Moseleya*, Quelch, 1884, genre de Coraux, appelé de ce nom en l'honneur de H. N. Moseley, naturaliste à bord du *Challenger*, puis professeur à l'Université d'Oxford (mort en 1891).

Moseleya a même été réemployé, à tort, assez récemment, comme

Racovitzia, en l'honneur de M. E.-G. Racovitza, naturaliste de l'Expédition antarctique belge, — à la compétence, à l'activité et au soin duquel nous devons de précieuses collections biologiques, réunies, le plus souvent, dans des conditions bien pénibles.

Glacialis, en souvenir des région glacées du Pôle Sud explorées par la *Belgica*.

II. — Diagnose.

Racovitzia, g. n.

Corps, allongé, légèrement comprimé.

Queue, diminuant considérablement de hauteur en arrière, et y devenant assez effilée.

Tête, déprimée, au museau très allongé et spatuliforme.

Fente buccale, assez grande (s'étendant sur les trois cinquièmes de la longueur du museau), horizontale, avec mâchoire inférieure à peine proéminente.

Yeux, énormes, plus ou moins tournés vers le haut, presque contigus.

Peau, écailleuse. Écailles, extrêmement petites, cycloïdes, imbriquées, caduques.

Une seule ligne latérale, le long du dos, non loin de la base de la nageoire dorsale, commençant à la tête et se poursuivant jusqu'un peu au delà de l'origine de la nageoire caudale.

Une seule nageoire dorsale, longue, commençant très

---

genre de Poissons, pour le *Macrurus longifilis*, Günther (G. B. Goode and T. H. Bean, *Oceanic Ichthyology*. Smithsonian Contributions to Knowledge, vol. XXX, 1895, p. 417).

notablement au-devant de l'anus et s'arrêtant à quelque distance avant l'origine de la nageoire caudale.

Nageoires ventrales, jugulaires.

Nageoires pectorales, avec rayons simples.

Dents des mâchoires, très faibles, villiformes. Pas de dents au palais.

Opercule, armé d'une triple épine, située à l'extrémité d'une crête longeant le bord supérieur.

Rayons branchiostèges, au nombre de sept.

Membranes branchiostèges, simplement soudées à la partie antérieure de l'isthme, et seulement réunies entre elles jusqu'à la verticale du centre de l'œil.

Branchies, au nombre de quatre.

Pseudobranchies, absentes.

Branchiospines, formant de courtes pointes coniques, très nettes, mais très espacées.

Une poche incubatrice, produite par un enfoncement de la paroi du corps, de l'anus à la base des nageoires ventrales; assez profonde près de l'anus, et diminuant de profondeur jusqu'à s'annuler vers la base des nageoires ventrales; garnie de plis cutanés longitudinaux.

Racovitzia glacialis, sp. n.

D. 30; C. 24; A. 27; P. 25; V. 1 5.

La hauteur du corps est comprise trois fois et demie dans la longueur de la tête.

La longueur de la tête est contenue trois fois dans la longueur du corps (nageoire caudale exclue).

Le centre de l'œil est situé au milieu de la longueur de la tête. Le diamètre de l'œil est plus grand que le quart de cette longueur.

La face supérieure de la tête, l'opercule et les joues sont nus.

La nageoire dorsale commence à une distance de l'occiput légèrement moindre que la distance de l'occiput à l'extrémité du museau. Elle est assez élevée, son second rayon dépassant un peu en longueur la hauteur du corps. Elle s'abaisse beaucoup en arrière, car les derniers rayons n'atteignent pas le tiers des premiers. Ceux-ci portent une tache noire dans leur moitié supérieure; ceux-là sont incolores.

La nageoire anale est un peu plus basse que la nageoire dorsale, au huitième rayon de laquelle correspond son origine. Elle est incolore.

La nageoire caudale est mutilée : il est donc impossible de dire si elle était tronquée, ou si elle était échancrée. Quoi qu'il en soit, cette nageoire est incolore, avec une tache noire dans la moitié supérieure.

La nageoire pectorale est assez longue, falciforme, arrivant presque à l'anus. Sa base est noirâtre. Ses rayons supérieurs ont une tache de même couleur près de leur extrémité proximale; les inférieurs sont incolores.

La nageoire ventrale est très légèrement plus courte que la nageoire pectorale. Elle est incolore, avec une tache noirâtre près de son extrémité distale. Quoique libre, si on la rabat contre le corps, elle prolonge le bord de la poche incubatrice.

Les écailles ont, presque toutes, disparu. La peau est incolore, mais des amas de points et de taches pigmentaires noirs y dessinent une demi-douzaine de bandes transversales. La poche incubatrice est tapissée de taches bleues, qui deviennent plus nombreuses et plus serrées dans sa partie profonde, laquelle, à cause de cela, se détache en sombre sur l'entourage clair.

Selon M. Racovitza, au moment de la capture, le poisson était d'un gris bleu, avec bandes noires, et la région operculaire était d'un blanc irisé.

III. — Dimensions.

Voici, maintenant, les dimensions les plus importantes de l'unique spécimen rencontré pendant toute la durée de l'Expédition :

	Millimètres.
Longueur totale (nageoire caudale comprise)	?
Longueur du corps (nageoire caudale exclue)	82
Longueur de la tête	27,3
Longueur du museau	10,1
Largeur du museau (au niveau des narines)	5
Diamètre de l'œil	7
Longueur de la nageoire pectorale	15
Longueur de la nageoire ventrale	13
Longueur de la nageoire caudale (mutilée)	?
Distance de l'extrémité du museau à l'origine de la nageoire dorsale	39
Distance de l'extrémité du museau à l'anus	46
Hauteur du pédoncule caudal	2

IV. — Habitat.

Océan Antarctique : 71°23′ lat. S. et 87°32′ long. W. (chiffres approximatifs et provisoires).

Profondeur : 435 mètres.

N° 408, pris au Faubert VI, le 28 mai 1898.

V. — Comparaison systématique.

Racovitzia glacialis, comme *Cryodraco antarcticus* et comme *Gerlachea australis*, appartient à la famille des *Trachinidæ*.

Mais les seuls genres de cette famille auxquels il soit utile de le comparer sont : *Bathydraco*, *Bembrops*, *Chænichthys*, *Cryodraco* et *Gerlachea*.

1. *Bathydraco* (1), Günther, 1878. Se différencie de *Racovitzia* en ce qu'il a des écailles encroûtées dans la peau, une ligne latérale à mi-hauteur du corps et atteignant les rayons de la nageoire caudale, les rayons inférieurs de la nageoire pectorale branchus, un opercule inerme et écailleux, dix rayons branchiostèges, et pas de poche incubatrice.

2. *Bembrops* (2), Steindachner, 1876. Se différencie de *Racovitzia* en ce qu'il a une ligne latérale s'infléchissant dans la moitié inférieure du corps, deux nageoires dorsales fonctionnelles, les rayons inférieurs de la nageoire pectorale branchus, des dents au palais, un opercule écailleux, des pseudobranchies, et pas de poche incubatrice.

---

(1) A. Günther, *Report on the Deep-Sea Fishes*. Voyage of H. M. S. Challenger. Zoology, vol. XXII, 1887, p. 47.

(2) F. Steindachner, *Ichthyologische Beiträge* (*V*). Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wiss. Wien, vol. LXXIV, 1876, p. 211.

— G. B. Goode and T. H. Bean, *Oceanic Ichthyology*, etc., p. 290. — *Hypsicometes*.

— A. Alcock, *A Descriptive Catalogue of the Indian Deep-Sea Fishes in the Indian Museum* (*Investigator*). Calcutta, 1899, p. 48.

3. *Chœnichthys* (1), Richardson, 1844. Se différencie de *Racovitzia* en ce qu'il a la peau nue, deux nageoires dorsales fonctionnelles, les rayons de la nageoire pectorale branchus, des pseudobranchies, et pas de poche incubatrice.

4. *Cryodraco* (2), Dollo, 1900. Se différencie de *Racovitzia* en ce qu'il a la peau nue, trois lignes latérales, deux nageoires dorsales (une rudimentaire et une fonctionnelle), des nageoires ventrales démesurément allongées, les rayons de la nageoire pectorale branchus, des pseudobranchies, et pas de poche incubatrice.

5. *Gerlachea* (3), Dollo, 1900. Se différencie de *Racovitzia* en ce qu'il a deux lignes latérales, une nageoire dorsale beaucoup plus longue (avec quarante-sept rayons, au lieu de trente), les rayons de la nageoire pectorale branchus, un opercule inerme, et pas de poche incubatrice.

Il résulte de ce qui précède que la création du genre *Racovitzia* est entièrement justifiée.

VI. — Caractères adaptatifs.

Outre la décalcification partielle des os du crâne, les yeux énormes et le grand développement des canaux mucipares, — qui sont, évidemment, des caractères adap-

---

(1) J. Richardson, *Fishes*. Voyage of H. M. S. Erebus and Terror. Zoology, Part II, 1844, p. 12.

(2) L. Dollo, *Cryodraco antarcticus, Poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition antarctique belge* (communication préliminaire). Bull. Acad. roy. Belg. (Sciences; 3 février 1900).

(3) L. Dollo, *Gerlachea australis, Poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition antarctique belge* (communication préliminaire). Bull. Acad. roy. Belg. (Sciences; 3 mars 1900).

tatifs, et des caractères adaptatifs à la vie abyssale, — je noterai encore, ici, comme un caractère de même nature, la présence, chez *Racovitzia*, d'une *poche incubatrice*.

Je n'ai pas, il est vrai, trouvé d'œufs dans cette poche, mais sa situation et son mode de construction ne me permettent pas de douter de sa fonction.

En effet, nous rencontrons, chez les *Lophobranches* (1), toutes les phases de la formation d'une pareille poche.

D'abord, les œufs simplement portés, sans aucune disposition spéciale, sur la face ventrale du corps : *Phyllopteryx* (♂). Puis, deux plis latéraux, réalisant un commencement de poche : *Nannocampus* (♂). Puis, ces plis latéraux arrivant au contact l'un de l'autre et constituant une véritable poche : *Syngnathus* (♂). Puis, ces mêmes plis soudés ensemble, de façon permanente, et ne laissant plus entre eux qu'une étroite ouverture antérieure : *Hippocampus* (♂).

Cependant, les quatre phases dont il vient d'être question ne se rapportent qu'à la création d'une *poche post-anale*, c'est-à-dire sous la queue.

Mais les *Lophobranches* nous montrent aussi les étapes de la formation d'une *poche pré-anale*, c'est-à-dire sous l'abdomen.

Seulement, l'évolution est allée moins loin, chez eux, dans cette direction.

Et *Racovitzia*, lui, n'a guère dépassé le deuxième stade, quoiqu'il ait déjà une vraie *poche incubatrice abdominale*.

Nous avons vu, plus haut, que les nageoires ventrales

---

(1) A. Günther, *Catalogue of the Fishes in the British Museum*, vol. VIII, Londres, 1870, p. 150.

de *Racovitzia*, tout en restant libres, bordent, en avant, la poche incubatrice. Participeraient-elles réellement à la confection de cette poche ? Il faut attendre un spécimen muni d'œufs pondus pour se prononcer avec certitude.

Dans l'affirmative, *Racovitzia* tiendrait, à la fois, des deux types de structure (non de situation) des poches incubatrices qui existent chez les *Lophobranches : poche* limitée au moyen des *nageoires ventrales* (*Solenostomidæ*), et *poche* limitée par des *replis cutanés* (*Syngnathidæ*).

Or, dans le premier type, nous avons encore deux phases : l'une chez les *Siluridæ* (1), l'autre chez les *Lophobranches*.

D'abord, les œufs simplement portés sur la face ventrale du corps et sur les nageoires ventrales, celles-ci restant libres : *Aspredo batrachus* (♀). Puis, les nageoires ventrales se soudant au corps pour constituer une véritable poche : *Solenostoma cyanopterum* (♀).

Racovitzia, en tout cas, ne serait, ici, qu'au premier stade, puisque ses nageoires ventrales sont libres.

Quant aux rapports de la *poche incubatrice* avec le *sexe*, on sait que, chez les Téléostéens, c'est, d'ordinaire, le mâle qui porte cette poche : *Syngnathidæ*. Exceptionnellement, la femelle : *Solenostomidæ*.

Je ne puis rien dire, pour le moment, à ce point de vue. de *Racovitzia*. Comme le spécimen étudié est unique, de petite taille et déjà un peu maltraité, je ne veux pas y pratiquer d'incision avant de l'avoir fait dessiner.

---

(1) A. Günther, *An Introduction to the Study of Fishes*. Édimbourg, 1880, p. 160.

Pour en finir avec la poche de *Racovitzia*, je n'ignore pas qu'il y a d'autres poches que des poches incubatrices le long de la face ventrale des Téléostéens.

Poche, ou gouttière, *pré-anale : Gastrochisma* (1), *Nomeus*. *Poche*, ou gouttière, *post-anale : Haplochiton* (2).

Mais ces poches, ou gouttières, n'ont rien de commun avec celle de *Racovitzia* : la *première* sert à protéger d'*énormes nageoires ventrales*, la *seconde*, à loger un *tube urogénital saillant*.

Or, chez *Racovitzia*, la poche s'évanouit au voisinage des nageoires ventrales, et il n'y a pas d'organes sexuels externes.

Ce Poisson possède donc une *poche incubatrice abdominale*, et c'est bien là un caractère adaptatif : car il manque aux autres *Trachinidæ*, et il se rencontre chez des Téléostéens très éloignés (*Trachinidæ* et *Lophobranches*). D'ailleurs, son but est évident : il est non seulement adaptatif, mais on sait à quelle adaptation il correspond.

VII. — Rapports phylogéniques.

La comparaison de *Racovitzia* avec les autres *Trachinidæ* montre que c'est de *Bathydraco* et de *Gerlachea* qu'il se rapproche le plus.

Gerlachea est le produit de la transformation d'un type très voisin de *Bathydraco*, dans un sens déterminé. *Racovitzia*, de même, mais dans un autre sens.

---

(1) J. Richardson, *Erebus and Terror*, etc., Part XII, 1846, p. 60.

(2) L. Jenyns, *Fish*. The Zoology of the Voyage of H. M. S. Beagle, Part IV, 1842, p. 130.

Les écailles caduques, le déplacement de la ligne latérale vers le dos, son interruption sur la queue, les rayons simples de la nageoire pectorale, l'opercule nu, la réduction du nombre des rayons branchiostèges et, surtout, la présence d'une poche incubatrice sont des *spécialisations* par rapport à *Bathydraco*.

Et comme *Racovitzia-Bathydraco-Gerlachea* représentent un petit groupe naturel, *Chœnichthys-Cryodraco* également, ainsi que je l'ai indiqué dans ma première communication.

Tous ensemble, avec *Bembrops*, ils font un complexe homogène qu'on pourrait appeler *Chœnichthyinæ*, puisqu'on avait même voulu en faire une famille (ce qui est trop, à mon avis) sous le nom de *Chœnichthyidæ* (1).

De ces six genres, *Bembrops* est la *forme la plus primitive*, très voisine de la souche disparue (par transformation) qui leur a donné naissance.

En effet, *Bembrops* a encore : un museau spatuliforme moins accusé, un corps moins allongé (dix-sept rayons pour la seconde nageoire dorsale, au lieu de trente chez *Racovitzia*, trente-quatre chez *Chœnichthys*, trente-six chez *Bathydraco*, quarante-quatre chez *Cryodraco*, quarante-sept chez *Gerlachea*), une peau écailleuse, des écailles non réduites, une seule ligne latérale, un opercule écailleux, deux nageoires dorsales fonctionnelles, des nageoires ventrales normalement développées, des nageoires pectorales avec rayons branchus, des dents au palais, des pseudobranchies, et pas de poche incubatrice.

---

(1) T. Gill, *Arrangement of the Families of Fishes, or Classes Pisces, Marsipobranchii, and Leptocardii*. Smithsonian Miscellaneous Collections, n° 247, Washington, 1872.

VIII. — Distribution géographique.

De même que pour *Cryodraco* et pour *Gerlachea*, la capture de *Racovitzia* à l'intérieur, et non loin, du cercle polaire antarctique est encore une nouvelle preuve de la fréquence des *Trachinidæ* dans le voisinage de ce cercle.

Au surplus, l'Expédition antarctique belge a, en outre, recueilli plusieurs autres *Trachinidæ* au cours de son voyage, mais j'en parlerai ultérieurement.

En ce qui concerne la distribution géographique, les *Chænichthyinæ* peuvent se répartir ainsi :

1. *Cryodraco, Gerlachea, Racovitzia :* Océan Antarctique, vers 71° lat. S.

2. *Bathydraco :* Océan Indien, vers 61° lat. S.

3. *Chænichthys :* Océan Atlantique, Océan Indien, Océan Pacifique, de 45° à 55° lat. S., environ.

4. *Bembrops :* Océan Atlantique, Océan Indien, Océan Pacifique, de 10° à 40° lat. N., environ.

Comme pour *Cryodraco antarcticus* et pour *Gerlachea australis*, je donnerai des figures de *Racovitzia glacialis* dans la publication définitive de l'*Expédition antarctique belge*.

Je suis heureux de remercier, ici, l'Académie de l'intérêt qu'elle a témoigné à mes recherches en décidant l'impression de leurs résultats dans son *Bulletin*, et j'aurai l'honneur de la tenir au courant du progrès de mes études sur les Poissons de la *Belgica* au fur et à mesure de l'avancement de mes travaux.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Henry (*Louis*). Une page de l'histoire de la chimie générale en Belgique. Stas et les lois des poids. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (43 p., portrait).

Errera (*Léo*). Remarques sur la toxicité moléculaire de quelques alcools. A propos des recherches de M. le docteur Vandevelde. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (14 p.).

Pâque (*E.*). Guide de l'herborisateur en Belgique. Nouvelle édition. Namur, 1900; in-18 (117 p.).

Lohest (*Max*). Discours prononcé au XXV° anniversaire de la Société géologique de Belgique sur les progrès réalisés en géologie de 1874 à 1898. Liége, 1899; in-4° (17 p.).

Lohest et *Forir*. Stratigraphie du massif cambrien de Stavelot. Liége, 1899-1900; in-4° (49 p. et 4 pl.).

Forir (*H.*). Découverte de grès blanc gedinien à Malvoisin. Liége, 1899; extr. in-8° (1 p.).

Dewalque, Cornet, Malaise, Lohest et *Forir*. Les coquilles du limon. Liége, 1899; extr. in-8° (7 p).

Van Laer (*H.*). Contributions à l'étude des fermentations visqueuses. Recherches sur les bières à double face. Sceaux, 1899; extr. in-8° (20 p.).

— Recherches sur les bières à double face. Paris, 1899; extr. in-4° (4 p.).

Van den Bossche. Icones selectae horti Thenensis. Iconographie de plantes ayant fleuri dans ses collections, avec les descriptions et annotations de M. Ém. De Wildeman, t. Ier, fasc. 3. Bruxelles, 1900; in-8°.

Dollo (*Louis*). Le pied du Diprotodon et l'origine arboricole des Marsupiaux. Paris, 1900; extr. in-8° (6 p., fig.).

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 5.

Séance du 8 mai 1900.

M. Ch. Lagrange, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. J. De Tilly, *vice-directeur;* le baron de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* Fr. Deruyts, Pol. Francotte et Paul Pelseneer, *correspondants.*

Les félicitations de la Classe sont adressées à M. le baron de Selys Longchamps au sujet de sa promotion au grade de Grand-Cordon de l'Ordre de Léopold.

— M. J. De Tilly remercie la Classe pour la lettre de condoléance qui lui a été adressée au sujet de la mort de son frère, le général-major Julien-Charles De Tilly.

CORRESPONDANCE.

—

L'Académie royale des sciences de Berlin adresse ses remerciements pour l'Adresse académique qui lui a été remise lors de la célébration de son deux centième anniversaire de fondation.

L'Académie de Berlin offre, par la même occasion, les quatre volumes constituant son *Histoire depuis sa fondation* qui ont été rédigés par M. le professeur Dr Adolphe Harnack avec le concours du bibliothécaire-archiviste le Dr Otto Köhnke pour la partie bibliographique. — Remerciements.

— L'Institut impérial de géologie à Vienne annonce la célébration, en juin prochain, de son cinquantenaire de fondation. — Une Adresse de félicitations sera envoyée à cette Institution au nom de l'Académie.

— M. R. Lavachery demande l'ouverture d'un billet cacheté portant la date du 28 novembre 1899 et dont le dépôt dans les archives de l'Académie a été décidé dans la séance du 2 décembre suivant.

Il exprime en même temps le désir que la Classe pro-

cède à l'ouverture d'un second billet, en date du 30 avril 1900, renfermant, dit-il, des renseignements complémentaires au premier billet présenté, et dont il voudrait aussi voir figurer le contenu au *Bulletin*.

La Classe désigne MM. Brialmont et Van der Mensbrugghe pour lui faire un rapport sur ces demandes.

— Hommage d'ouvrages :

Traité de chimie pharmaceutique, 2e édition; par Alfr. Gilkinet;

Travaux du laboratoire de l'Université de Liége. Institut de physiologie, tome V, 1895; offert par L. Fredericq.

Geschichte der k. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, im Auftrage der Akademie bearbeitet, von Adolf Harnack, Band I-III;

a) *La mue et l'enkystement chez les Nématodes;* b) *Le* Tylenchus devastatrix *Kuhn et la maladie vermiculaire des fèves en Algérie;* par E. Maupas, associé;

Expédition antarctique belge. Gerlachea australis, Poisson abyssal nouveau recueilli par cette expédition; par L. Dollo.

— Les travaux manuscrits suivants sont renvoyés à l'examen :

1° *Recherches relatives aux Connexes de l'espace;* par M. Stuyvaert, professeur à l'Athénée royal de Gand. — Commissaires : MM. Neuberg, F. Deruyts et Le Paige;

2° *Sur l'albumine du sérum du bœuf;* par M. Hougardy. — Commissaires : MM. Fredericq et Masius;

3° *Sur quelques dérivés fluorés du toluol* (deuxième communication); par M. Fréd. Swarts, de l'Université de Gand. — Commissaires : MM. Spring et Henry.

RAPPORTS.

Sur les moments d'inertie des polygones et des polyèdres, par G. Cesàro, correspondant de l'Académie.

Rapport de M. Newberg, premier commissaire.

« On peut déterminer, sans recourir à des sommations à l'infini, les moments d'inertie des figures homogènes (lignes, surfaces ou volumes) qui sont décomposables en un nombre fini de parties homothétiques à la figure entière. A cet effet, on s'appuie sur le principe suivant :

Le rapport des moments d'inertie de deux figures semblables par rapport à des éléments homologues (points, plans ou droites) est égal à la 3e, 4e ou 5e puissance du rapport de similitude, suivant qu'il s'agit de deux figures à 1, 2 ou 3 dimensions.

Dans le *Traité de Mécanique* par Éd. Collignon, tome III, on trouve quelques exemples traités au moyen de ce principe, les moments étant pris par rapport à un axe passant par le centre de gravité de la figure. M. Cesàro déduit du même principe un théorème qui fait intervenir les moments par rapport à un plan quelconque, à savoir :

Soient : K *le rapport de similitude de deux figures planes homothétiques ou de deux solides homothétiques;* I, I' *leurs moments d'inertie par rapport à un plan quelconque;* y_0, y_0' *les distances de leurs centres de gravité à ce plan;* S *la surface de la première figure plane ou* V *le volume du premier solide. On a respectivement les formules*

$$I' = K^2 \{ K^2 I + S (y_0'^2 - K^2 y_0^2) \},$$
$$I' = K^3 \{ K^2 I + V (y_0'^2 - K^2 y_0^2) \}.$$

Notre savant confrère déduit de là le théorème suivant qu'il a déjà énoncé, il y a une vingtaine d'années, dans la *Nouvelle Correspondance mathématique :*

Le moment d'inertie de la surface d'un triangle par rapport à un plan, une droite ou un point quelconque égale le produit de la surface par la moyenne des carrés des distances des milieux des côtés au plan, à l'axe ou au centre des moments.

Pour démontrer cette proposition, il suffit d'égaler le moment du triangle donné à la somme des moments des quatre triangles homothétiques qu'on obtient en joignant deux à deux les milieux des côtés du triangle donné.

Semblablement, en décomposant un parallélipipède en huit parallélipipèdes homothétiques au moyen des trois plans parallèles aux faces menés par le centre, on trouve que *le moment d'inertie d'un parallélipipède égale le produit de son volume par la moyenne des carrés des distances des centres des six faces au plan, à l'axe ou au centre des moments.*

M. Cesàro considère encore les moments d'inertie des figures suivantes : polygone régulier, cercle, polygone quelconque, prisme triangulaire, prisme quelconque, cylindre, tétraèdre, pyramide régulière, cône droit; pour quelques-uns de ces solides, il cherche la condition nécessaire pour que l'ellipsoïde d'inertie devienne une sphère. Pour terminer, il indique l'emploi de sa méthode dans le calcul des moments d'ordre supérieur ou des produits d'inertie.

Dans une note annexée au présent rapport, je développe une autre méthode, peut-être plus simple que celle de M. Cesàro, pour déterminer les moments d'inertie du triangle et du parallélipipède.

Le travail que je viens d'analyser traite une question importante par des méthodes instructives. Je propose volontiers de l'insérer dans nos *Mémoires* in-4°, avec les figures qui l'accompagnent. »

La Classe adopte les conclusions de ce rapport auquel se sont ralliés MM. De Tilly et Le Paige.

Note de M. Neuberg. — I. *Moment d'inertie d'un triangle.* Soient A', B', C' les milieux des côtés du triangle ABC, et G, A_1, B_1, C_1 les centres de gravité des triangles homothétiques ABC, AB'C', A'BC', A'B'C; G sera aussi le centre de gravité des triangles A'B'C', $A_1B_1C_1$ et le milieu de chacune des droites AA_1, BB_1, CC_1.

Appelons I le moment d'inertie du triangle ABC par rapport à un plan μ mené par G, et y_1, y_2, y_3 les ordonnées des points A_1, B_1, C_1 par rapport à μ. Le moment d'inertie du triangle A'B'C' sera $\frac{1}{16}$ I; celui du triangle ABC'' relativement à un plan mené par A_1 parallèlement à μ sera encore $\frac{1}{16}$ I, et relativement au plan μ lui-même il sera $\frac{1}{16}I + \frac{1}{4}Sy_1^2$. En calculant de même les moments des triangles A'BC', A'B'C et faisant la somme des moments des quatre triangles partiels, on trouve

$$I = S\frac{y_1^2 + y_2^2 + y_3^2}{3}.$$

Les ordonnées des points A', B', C' étant $-y_1$, $-y_2$, $-y_3$, on retrouve le théorème de M. Cesàro pour un plan μ passant par G.

Prenons ensuite le moment I' de ABC par rapport à un plan μ' parallèle à μ, et soient z_1, z_2, z_3, h les nouvelles

ordonnées des points A', B', C', G. Nous aurons

$$y_1 = z_1 - h, \quad y_2 = z_2 - h, \quad y_3 = z_3 - h, \quad I' = I + Sh^2,$$
$$3h = z_1 + z_2 + z_3;$$

il en résulte

$$(1) \ldots\ldots \quad I' = S\frac{z_1^2 + z_2^2 + z_3^2}{3}.$$

II. *Moment d'inertie d'un parallélipipède.* Soient ABCD, A'B'C'D' deux faces opposées d'un parallélipipède P, les lettres étant placées de manière que AA', BB', CC', DD' représentent les diagonales du solide. Appelons α, β, γ, δ, $-\alpha$, $-\beta$, $-\gamma$, $-\delta$ les ordonnées des sommets A, B, C, D, A'..., par rapport à un plan quelconque μ mené par le centre O de P. Les trois plans menés par O parallèlement aux faces de P décomposent le corps en huit parallélipipèdes partiels qui sont homothétiques à P. Si I est le moment d'inertie de P par rapport à μ, le solide partiel qui a un sommet en A, a pour moment relatif à un plan mené par son centre A_1 parallèlement à μ, $\frac{1}{32}I$; son moment par rapport au plan μ lui-même sera donc

$$\frac{1}{32}I + \frac{1}{8}V \cdot \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2,$$

car $\frac{\alpha}{2}$ est la distance des deux plans des moments. En faisant la somme des moments des huit parties de P, on trouve

$$I = \frac{8}{32}I + \frac{1}{16}V(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2),$$

d'où

$$I = \frac{1}{12}V(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2).$$

Désignons maintenant par m, n, p, m', n', p' les ordonnées des centres des faces ABCD, ABD'C', ADB'C', A'B'C'D', A'B'DC, A'D'BC; nous aurons

$$m' = -m, \quad n' = -n, \quad p' = -p,$$
$$2m = \alpha + \gamma, \quad 2n = \alpha - \delta, \quad 2p = \alpha - \beta.$$

Les trois dernières égalités donnent

$$4(m^2 + n^2 + p^2) = 3\alpha^2 + 2\alpha(\gamma - \delta - \beta) + \gamma^2 + \delta^2 + \beta^2,$$

d'où, à cause de $\alpha + \gamma = \delta + \beta$,

$$4(m^2 + n^2 + p^2) = \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2.$$

Par conséquent,

$$I = \frac{V}{3}(m^2 + n^2 + p^2) = V\frac{m^2 + n^2 + p^2 + m'^2 + n'^2 + p'^2}{6}.$$

Conservons aux lettres des significations analogues par rapport à un plan mené parallèlement à μ à la distance h; I sera remplacé par $I + Vh^2$, et les quantités m, n... se changent en $m - h$, $n - h$.... Nous aurons donc, eu égard à la relation $6h = \Sigma m$,

$$(2). \quad . \quad . \quad . \quad I = \frac{V}{6}\Sigma(m - h)^2 + Vh^2 = \frac{1}{6}V\Sigma m^2.$$

On étend facilement les formules (1) et (2) aux moments d'inertie pris par rapport à un axe ou à un point.

—

Le magnétisme exerce-t-il une action sur l'intensité de la phosphorescence? par M. A. de Hemptinne.

Rapport de M. P. De Heen, premier commissaire.

« L'auteur constate, à l'aide d'expériences bien conduites, qu'un champ magnétique n'exerce pas d'action sur l'intensité de la phosphorescence.

J'ai l'honneur de proposer l'impression de cette note dans les *Bulletins* de l'Académie. »

M. Spring, second commissaire, se rallie à la proposition de M. De Heen, celle-ci est en conséquence adoptée par la Classe.

Étude sur les courbes de Traube-Hering; par M. Léon Plumier.

Rapport de M. Léon Fredericq premier commissaire.

« L'auteur a fait une étude détaillée des oscillations de la pression artérielle connues sous le nom de *courbes de Traube-Hering*. Il donne de nouvelles preuves à l'appui de l'opinion qui assimile le rythme de ces courbes à celui de la respiration, et reprend les objections qui ont été présentées dans ces derniers temps contre cette interprétation. Enfin, il constate que ces oscillations se montrent également dans le territoire de la circulation pulmonaire, et étudie l'influence des nerfs vaso-moteurs du poumon sur leur production.

J'ai l'honneur de proposer d'insérer l'intéressant travail de M. Plumier, ainsi que les graphiques qui l'accompagnent, dans les *Mémoires* in-8° de l'Académie. »

M. Masius, second commissaire, déclare se rallier à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

Sur la proposition de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, la commmunication de M. Hanosset, sur un *Accumulateur physique*, sera déposée aux archives, ce travail n'ayant aucun caractère scientifique.

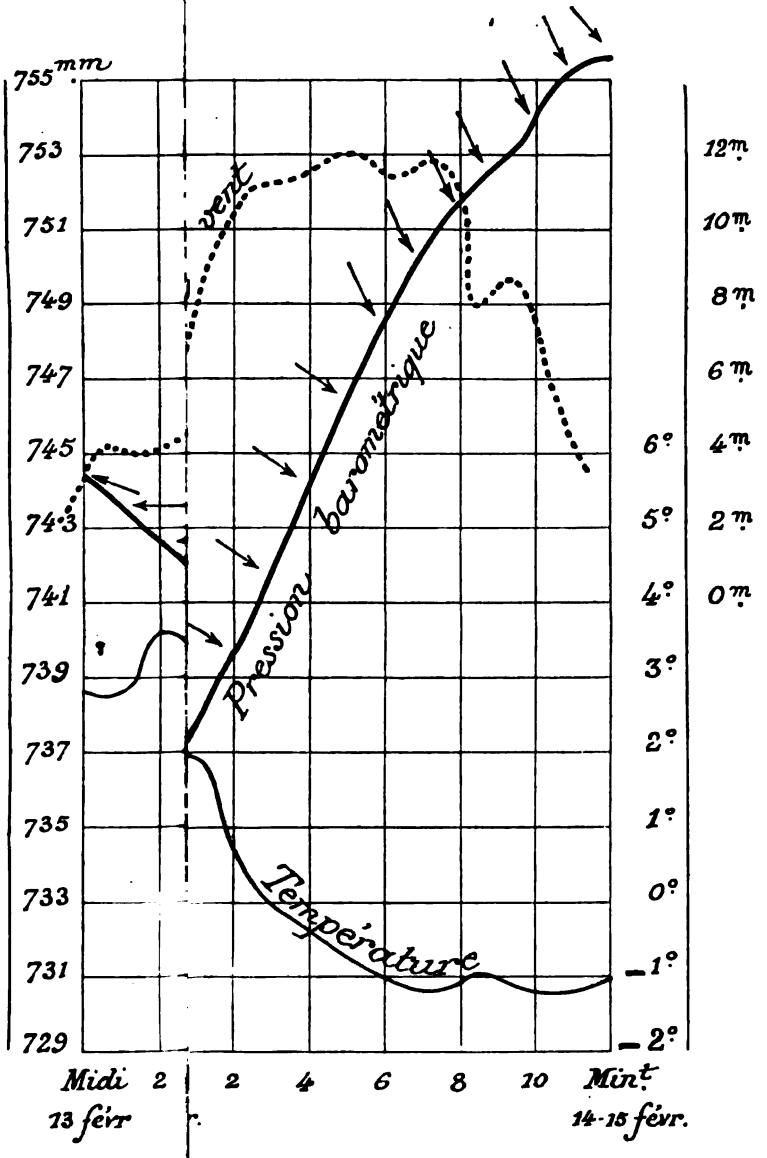
COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Phénomènes périodiques observés en avril 1900;
par F. Folie, membre de l'Académie.

Le 5. Floraison des Jacinthes. (Grivegnée.)
Le 8. Floraison du Forsythia. (Id.)
Feuillaison d'une aubépine précoce. (Id.)
Le 10. Rossignol et nombre d'oiseaux chanteurs. (Tilff.)
Le 14. Floraison des premiers pêchers (plein vent). (Grivegnée.)
Floraison de la potentille blanche. (Id.)
Feuillaison des aubépines, églantiers, fusains, lilas, mélèzes. (Id.)
Floraison du poirier. (Angleur.)
Le 15. Floraison de la primevère (veris). (Id.)
Le 16. Abeilles. (Grivegnée.)
Floraison du groseillier à fleurs rouges. (Id.)
Feuillaison des cerisiers, pruniers, poiriers. (Id.)
Le 18. Floraison des cerisiers, pruniers. (Id.)
Le 20. Floraison des poiriers et des bouleaux. (Id.)
Floraison des premiers fraisiers. (Id.)
Le 22. Floraison des tulipes et du charme. (Id.)
Le 25. Floraison de l'ortie blanche. (Id.)
Le 27. Floraison de la stellaire. (Id.)

---

e du 13 au 14 février 1900.



tout le long de sa trajectoire. Un peu plus grande au début (55 kilomètres), elle a légèrement faibli à mesure que la dépression pénétrait sur les terres (50 kilomètres à la fin), ce qui est d'accord avec la hausse continue du baromètre constatée au centre.

En effet, au fur et à mesure de sa marche vers l'est, la dépression diminua d'importance. En abordant l'Europe, la hauteur barométrique à son centre était de 730 millimètres. Dans le voisinage de Paris, elle était déjà remontée à 735 millimètres; puis à Uccle, moins de cinq heures plus tard, à $739^{mm}4$; enfin, près de Giessen, à 2 heures, à 746 millimètres. La dépression s'était donc comblée progressivement dans son parcours sur le continent, à raison de $0^{mm}8$ environ par heure. C'est ce qui explique que, sur la trajectoire de la tempête, le minimum barométrique s'est partout produit un peu avant le passage du centre de dépression. Ainsi, à Uccle, le minimum barométrique a eu lieu à 5 $^3/_4$ h. du matin, par $738^{mm}8$; à Liége (Cointe), à 7 $^1/_2$ h., par $739^{mm}5$; à Aix-la-Chapelle, à 8 heures, par $740^{mm}3$.

Les phénomènes qui ont caractérisé le passage de cette tempête en Belgique méritent d'attirer l'attention, et c'est pourquoi nous avons cru intéressant de les rappeler ici (1).

Pression barométrique. — La baisse du baromètre a commencé le 13 à 11 heures du matin, le niveau de la

(1) Toutes les valeurs indiquées sans désignation de lieu se rapportent aux constatations faites à l'Observatoire d'Uccle.

colonne mercurielle étant alors à 744^{mm}8 (à Uccle). Elle a été tout de suite rapide, et s'est accomplie d'abord à raison de 1 millimètre à l'heure, puis, entre 6 et 8 heures du soir, au taux de 1^{mm}5 à l'heure. Elle a diminué ensuite, et, à partir de minuit jusqu'à 6 heures du matin, n'a plus été que de 0^{mm}4 en moyenne. Entre 6 et 8 heures du matin, le 14, la hauteur barométrique n'a pas subi de variation sensible; le diagramme de l'enregistreur n'accuse pas cependant une ligne droite, mais une courbe très faiblement marquée. C'est le moment où le centre de la dépression s'est trouvé dans le voisinage de Bruxelles, et où s'est produit le calme que l'on observe habituellement au cœur des tempêtes.

La hausse du baromètre s'est déclarée franchement à 8 heures, et, jusque dans la soirée, elle s'est poursuivie avec une rapidité extraordinaire: de 8 heures à midi, elle a eu lieu à raison de près de 1^{mm}5 à l'heure, puis, de midi à 6 heures du soir, à raison de près de 2 millimètres à l'heure; de 3 heures à 6 heures, l'ascension a été de 6^{mm}8! A partir de 6 heures, un ralentissement se dessine et, de 6 heures à 11 heures, la hausse n'est plus que de 1^{mm}3 en moyenne.

De 8 heures du matin à 11 heures du soir, soit donc en quinze heures, le mercure avait monté de 25 millimètres (1^{mm}7 par heure en moyenne). C'est l'une des hausses barométriques les plus remarquables constatées en Belgique depuis la fondation de l'Observatoire, c'est-à-dire depuis soixante-dix ans (1).

---

(1) Le 10 mars 1842, de 9 heures du matin à 8 heures du soir (durée de onze heures), on nota une hausse de 22^{mm}7.

A l'île d'Ouessant, à l'entrée de la Manche, la hausse a été de 27 millimètres en treize heures ($2^{mm}1$ par heure), donc plus extraordinaire encore qu'à Uccle. A Paris, elle a été de $27^{mm}5$ en dix-huit heures ($1^{mm}5$ par heure).

Température. — La température suivait sa marche normale, c'est-à-dire qu'elle descendait régulièrement depuis 2 heures de l'après-midi, le 13, lorsque, vers 8 heures du soir, le thermomètre se mit à remonter: la tempête venait justement d'aborder le continent. Ce mouvement de hausse persista jusqu'au lendemain à 2 $^3/_4$ h. du matin; à cet instant, le thermomètre marquait $6^{\circ}2$; il avait déjà une première fois atteint cette température à 2 $^1/_4$ h. Le mercure reprit ensuite sa marche régulière descendante, et à 7 heures du matin il n'indiquait plus que $2^{\circ}0$. De 10 heures du soir à minuit, l'échauffement de l'air avait été de $2^{\circ}5$; de minuit à 2 $^1/_4$ h. du matin, de $2^{\circ}9$.

Cette hausse insolite de la température n'était pas due — au commencement tout au moins — à un changement dans la direction du vent, car de 10 heures du matin à minuit la girouette resta fixée à l'E. Elle tourna ensuite lentement et graduellement vers le S., où elle arriva à 2 heures du matin: c'est alors que se produisit le maximum thermométrique. Le ciel, de son côté, était couvert depuis 3 heures de l'après-midi du 13. Mais, dans la matinée de ce jour, des cirrhus venant de l'W. s'étaient montrés, et ils avaient fait place, l'après-midi, à des altocumulus d'origine WSW.

Il y avait donc opposition complète entre la direction des courants atmosphériques supérieurs et celle des courants inférieurs, et on ne peut qu'attribuer à une

température sensiblement plus élevée des premiers le réchauffement des couches d'air voisines du sol (1).

Dans toute l'aire d'action de la tempête, ce réchauffement exceptionnel s'est produit : à Paris, entre autres, de 1 heure de l'après-midi à 10 heures du soir, la hausse thermométrique a été de 9°3. Le maximum a donc été atteint cinq heures plus tôt qu'à Uccle, et cette même durée sépare les moments du passage du centre de la dépression respectivement dans le voisinage de Paris et près d'Uccle.

Il résulte des observations de température recueillies en Belgique et en partie contenues dans le tableau ci-après, que la hausse thermométrique de la nuit du 13 au 14 février a été plus accentuée dans la partie méridionale du pays que dans la partie septentrionale. D'une part, la différence entre la température de 1 heure de l'après-midi le 13 et le maximum de la nuit suivante a été

---

(1) Ce phénomène d'une hausse de la température pendant la nuit n'est pas un cas isolé, et nous pourrions signaler bien d'autres hausses du même genre, observées tant en été qu'en hiver, et toutes provoquées par l'approche d'un centre de dépression. Nous nous bornerons à rappeler celle de la nuit du 26 au 27 décembre 1886, parce que, de même qu'en février dernier, elle s'est produite sans aucun changement dans la direction du vent près du sol.

Un centre de dépression assez important allait traverser la Belgique dans la matinée du 27, lorsque la température, qui baissait régulièrement dans la soirée du 26 (2°9 au commencement de l'après-midi, 0°6 à 10 heures du soir), se mit à remonter après 10 heures et atteignit 4°5 vers 6 heures du matin. Or, de 5 heures du soir à 8 heures du matin, la girouette indiqua constamment le SSE. ou le SE., et la saute de vent (W.) n'eut lieu qu'à 10 heures; mais à midi déjà, le 26, des cirrhus venant de l'W. avaient envahi le ciel, exactement comme le 13 février 1900.

en moyenne de 3 à 4°; d'autre part, de 1 à 2° seulement. Comme l'indique le tableau, à Paturages cette différence s'est élevée à 4°5; à Bastogne, à 4°9; à Virton, à 5°5. Par contre, à Ypres elle n'a été que de 0°5; à Turnhout, de 0°3; à Bourg-Léopold, de 0°4.

Différence entre la température à 1 heure du soir le 13 et le maximum de la nuit du 13 au 14.

Ypres	0°5	Tournai	3°2
Furnes	0,4	Paturages	4,5
Middelkerke	1,1	Mons	2,9
Ostende	1,0	Donstiennes	2,8
Iseghem	1,7	Gembloux	3,3
Selzaete	0,8	Uccle	3,4
Somergem	1,1	Huy	4,0
Gand	1,2	Cointe	3,9
Anvers	2,0	Verviers	2,6
Turnhout	0,3	Sprimont	4,0
Saint-Trond	0,7	Beauplateau	2,5
Bourg-Léopold	0,4	Bastogne	4,9
Maeseyck	1,8	Virton	5,5
Moyenne	1°0	Moyenne	3°7

Direction du vent. — Comme nous venons de le dire, la direction du vent inférieur n'a pas sensiblement varié, à Uccle, de 10 heures du matin à minuit, le 13 : elle a été E. ou ESE. tout le temps. La girouette a viré ensuite au S., et de 2 heures à 9 h. 40 m. du matin, le 14, elle a oscillé entre le S. et le SE. Alors, brusquement, elle a passé du SE. à l'WSW., et à 10 heures elle est arrivée à l'WNW.

La saute de vent caractéristique qui marque d'habitude le passage d'un centre de dépression en un lieu donné,

s'est donc produite dans le cas actuel quatre heures après le commencement de la hausse barométrique, — hausse qui avait déjà atteint plus de 3 millimètres, — et à l'expiration de la période de grand calme de l'air, qui a eu lieu de 8 à 9 3/4 h. Nous pouvons déduire de ces faits et des observations recueillies en Belgique et au nord de la France que, vers 6 heures du matin, le centre de la dépression devait occuper l'ouest du Hainaut. Le baromètre était alors au plus bas à Uccle, et comme la dépression se comblait à raison de $0^{mm}8$ environ par heure dans sa marche vers l'est, on s'explique la hausse barométrique de 3 millimètres déjà accomplie vers le moment où le centre a passé sur Uccle ou dans son voisinage immédiat, après 9 heures.

Comme le montrent les indications du tableau ci-dessous, la saute de vent était déjà accomplie, à l'ouest et au sud-ouest du pays, à 8 heures du matin :

Direction du vent à 8 heures du matin, le 14 février.

	Girouette.	Nuages.
	—	—
Westhinder (en mer) . . .	N.	N.
Wielingen (en mer). . . .	NW.	N.
Middelkerke	NNW.	—
Selzaete	NW.	NW.
Iseghem	NW.	—
Ypres	N.	—
Tournai	NW.	—
Paturages	WNW.	WNW.
Mons	W.	NNW.

Au centre du pays, le vent soufflait à ce moment d'entre SW. et S., et à l'est la girouette pointait encore, généralement, entre le S. et le SE.

Vitesse du vent. — L'examen du diagramme de l'anémomètre donne lieu de son côté à quelques constatations intéressantes. Comme nous l'avons vu précédemment, la girouette est restée fixée à l'E. de midi à minuit; pendant ces douze heures la vitesse de l'air a peu varié et a été modérée : elle a mesuré 5 mètres à la seconde en moyenne. Elle a été un peu plus forte entre 4 et 8 heures du soir (6^m6), pendant la durée de la baisse la plus rapide du baromètre, a faibli vers minuit (2^m7), pour reprendre à peu près son allure première (6^m) de minuit à 6 heures du matin, alors que le vent passait de l'E. au SE. et au S.; la chute barométrique était faible cependant à ce moment de la nuit. A partir de 6 heures, le vent commence à tomber, et entre 8 et 9 $^3/_4$ h. se déclare le calme central de la tempête : l'anémomètre n'indique pour cette durée qu'un mouvement extrêmement faible de 0^m2 à la seconde. Jusque vers midi, cet état ne se modifie guère (1^m8 de 9 heures à midi, par vent d'W. à WNW.), puis la véritable tempête s'annonce, en même temps que débute la hausse extraordinaire de la colonne mercurielle et que la girouette se porte franchement au NW. et ensuite au NNW. : de 2 heures de l'après-midi à 8 heures du soir, l'air passe à raison de 11^m6 à la seconde en moyenne; de 4 à 6 heures, sa vitesse s'élève même à 12^m0. L'atmosphère se calme après 8 heures, et de 11 heures à minuit on ne constate plus que 3^m3 à la seconde.

Sur les côtes de la Manche et au nord de la France, l'agitation atmosphérique provoquée par la tempête a été plus grande encore que chez nous. Voici, à ce sujet, d'intéressants renseignements que je dois à l'obligeance de M. A. Angot, du Bureau central météorologique de

France; ils se rapportent aux constatations faites au Bureau central et au sommet de la tour Eiffel.

« Le vent, m'écrit M. Angot, a beaucoup augmenté pendant la nuit, au moment du passage de la grande dépression. A la tour Eiffel, la vitesse a atteint 39 mètres le 14, à 5 heures du matin. Ce nombre a été relevé sur le cinémographe Richard, qui ne donne que des moyennes pour quelques minutes. Sur l'appareil à indications instantanées, nous avons eu à la tour 44 mètres le 14, à 0 h. 25 m.; il y a eu certainement davantage plus tard, mais, comme d'habitude, l'instrument n'a plus fonctionné régulièrement au bout de quelques heures; la plume ne marquait plus, ce qui arrive toutes les fois qu'il n'y a pas quelqu'un à poste fixe devant l'instrument. Les coups de vent du matin ont très certainement atteint 50 mètres; mais ce n'est là qu'une *appréciation*, et non une *observation*. »

Le 14, à 7 heures du matin, la vitesse était encore de $34^{m}0$ au sommet de la tour; au Bureau central météorologique, elle n'était que de $8^{m}8$.

A l'Observatoire de Cointe, d'après les renseignements qu'a bien voulu me donner notre savant confrère M. Le Paige, la plus grande vitesse moyenne horaire, $10^{m}3$ à la seconde, a eu lieu le 14 entre 5 et 6 heures du soir, comme à Uccle. Entre 9 et 10 heures du matin, la vitesse y était tombée à $4^{m}7$, et entre 3 et 4 heures de l'après-midi elle atteignait déjà $10^{m}0$ (1).

---

(1) Voici, au surplus, les indications fournies par l'anémomètre de Cointe pendant l'après-midi et la soirée du 13 février et la journée du 14; il est intéressant de les mettre en regard des valeurs relevées à Uccle (voir plus loin, pp. 354 et 355) :

A Cointe, le 14, le vent a soufflé du SE. jusqu'à 10 heures du matin; à 10h30m, il était du SSW.; à 11 heures, de l'WSW.; et à 11h30m, de l'W. La saute de vent s'est donc produite à Liége une heure et demie plus tard, environ, qu'à Uccle, mais elle y a été moins caractéristique, le centre de la dépression ayant passé au nord de cette ville.

Humidité de l'air. — Le degré d'humidité de l'air, relativement faible dans l'après-midi du 13 (53°/₀ à 2 heures, 54°/₀ à 3 heures), augmenta graduellement dans la soirée, et il atteignit le point de saturation entre 8 et 9 heures, au moment où se déclarait la hausse thermométrique. Lorsque le vent passa au S., vers 1 heure du matin, l'humidité diminua, et elle descendit jusqu'à 81 °/₀ à 3 heures du matin, vers l'instant du maximum de température. Elle remonta ensuite, et à partir de 9 heures du matin jusque dans l'après-midi du 14, elle fut de nouveau très voisine de la saturation, et même s'y maintint de 11 heures à 3 heures.

13 FÉVRIER.		14 FÉVRIER.		14 FÉVRIER.	
Heures.	m.	Heures.	m.	Heures.	m.
12-13	3,9	0- 1	6,1	12-13	6,1
13-14	4,7	1- 2	7,2	13-14	5,6
14-15	5,0	2- 3	7,8	14-15	6,9
15-16	5,3	3- 4	6,7	15-16	10,0
16-17	4,7	4- 5	8,1	16-17	9,4
17-18	4,7	5- 6	7,5	17-18	10,3
18-19	4,4	6- 7	7,2	18-19	8,3
19-20	3,1	7- 8	7,2	19-20	7,8
20-21	3,4	8- 9	6,1	20-21	8,6
21-22	2,5	9-10	4,7	21-22	7,2
22-23	4,4	10-11	5,0	22-23	6,9
23-24	3,1	11-12	6,1	23-24	7,2

A Cointe, la diminution d'humidité pendant la nuit et la matinée du 14 fut plus accentuée qu'à Uccle, ainsi que le montre le tableau ci-dessous :

	Uccle.	Cointe.
4 heures matin.	83	70
5 h. 20 m. »	88	65
6 heures »	89	75
8 » »	92	80
10 » »	97	85

Eau tombée. — Les violentes agitations atmosphériques sont rarement accompagnées de fortes précipitations météoriques. La tempête du 13 au 14 février a cependant donné assez bien d'eau : 12 millimètres environ pour la Belgique entière. Cette eau est tombée, sous forme de pluie ou de neige, à partir de 5 heures du soir le 13 jusqu'au lendemain à 7 heures du soir. Sa répartition suivant les différentes régions du pays ne donne lieu à aucune constatation spéciale. Mouscron a renseigné $21^{mm}0$; Tournai, $21^{mm}6$; Andenne, $20^{mm}5$; Huy-Statte, $19^{mm}5$; Stavelot, $27^{mm}0$; Ville-du-Bois, $19^{mm}0$. Par contre, Ostende n'a indiqué que $8^{mm}0$; Furnes, $9^{mm}9$; Ypres, $10^{mm}4$; Anvers, $8^{mm}1$; Verviers, $9^{mm}0$; Jalhay, $10^{mm}0$.

Phénomènes orageux. — Comme la plupart des grandes tempêtes d'hiver, celle de février dernier a donné naissance à des manifestations orageuses dans la partie méridionale de son aire d'action, et fort en avant de son centre.

Au moment où la dépression entrait dans la Manche, des éclairs étaient aperçus déjà à Paris, à l'horizon SSW. (à 6 $^1/_2$ h. du soir, le 13). De 7 h. 20 m. à 7 $^3/_4$ h. un orage intense y éclatait, suivi de coups de vent violents

à partir de 8 heures. Le maximum de la vitesse du vent pendant la tourmente orageuse fut de $4^{m}5$ au Bureau central (à 7 h. 56 m.) et de $29^{m}0$ au sommet de la tour Eiffel (à 7 h. 52 m.). Des éclairs se montrèrent à l'E. après 8 heures.

A Clermont-Ferrand, un orage fut observé de 7 h. 45 m. à 9 h.; à Lyon, on remarqua des éclairs à 9 heures, et le vent atteignit dans cette ville une vitesse de 14 mètres à 1 heure du matin, le 14; au Ballon de Servance, éclairs et tonnerre le soir, par pluie et neige; à Brest, grêle.

En Belgique, des phénomènes orageux se manifestèrent entre 9 et 10 heures, au sud des provinces de Hainaut, de Namur et de Luxembourg. Un peu après 8 heures, déjà, des éclairs sillonnaient l'horizon S. à Walcourt. L'orage proprement dit se déclara entre 9 $^1/_2$ h. et 10 h., mais nulle part il ne fut très intense.

Les petits tourbillons qui constituent les orages restent généralement confinés, en hiver, dans les couches élevées de l'atmosphère, et ne font pas sentir directement leur action jusqu'au sol; ils se meuvent au sein de masses d'air animées d'une grande vitesse, et sont emportés avec elles dans leur course tempêtueuse. Les orages d'été, au contraire, circulent presque toujours dans une atmosphère plus ou moins calme, ce qui leur permet de se développer verticalement jusqu'au sol; leur vitesse est modérée, puisque dans notre pays, d'après mes déterminations de la vitesse de translation d'un grand nombre d'orages, j'ai conclu à une moyenne de 45 kilomètres à l'heure ou de 12 à 13 mètres à la seconde.

Si nous admettons que le trouble orageux constaté vers 10 heures du soir, le 13, à l'extrême sud-est de la Belgique, était le même que celui observé à Paris deux

heures plus tôt, nous obtenons pour sa vitesse de translation 30 mètres à la seconde environ ou 100 kilomètres à l'heure (1). Or, nous avons vu que pendant le passage de l'orage à Paris, l'anémomètre de la tour Eiffel, placé à 300 mètres de hauteur, indiqua une vitesse de l'air de 29 mètres à la seconde. Cette vitesse étant identique à celle que nous avons conclue pour l'orage, nous pouvons en inférer que le foyer de celui-ci se trouvait à quelques centaines de mètres de hauteur dans l'atmosphère.

Voici les observations faites en Belgique sur les manifestations orageuses de la soirée du 13 février :

Sud du Hainaut. — Rance, éclairs au S. de 20 1/2 h. à 21 h.
Pétigny, orage à 21 heures.

Sud de la province de Namur. — Walcourt, éclairs vers le S. à $20^h\ 10^m$ et à $21^h\ 15^m$; tonnerre au S. à $22^h\ 15^m$.

Sud du Luxembourg. — Jéhonville, tonnerre à 22 h.
Carlsbourg, orage dans la direction du S. entre 21 1/2 h. et 22 h.; deux éclairs et deux coups de tonnerre.
Hérisson, orage à 21 1/2 h.

---

(1) Il est intéressant de rappeler ici que le 8 février 1889 une forte bourrasque, qui à 8 heures du matin avait son centre près des îles Shetland, et qui, dans le courant de la journée, gagna la partie méridionale de la mer du Nord, fit sentir ses effets chez nous par des vents violents de SW., de la pluie et de la neige, et par des manifestations orageuses, tout comme les 13 et 14 février dernier. Seulement, en février 1889, par suite de la position du centre de dépression, les phénomènes orageux se produisirent au nord de notre pays, depuis Ostende jusqu'à Maeseyck, et, de même que le 13 février 1900, ils se déplacèrent à raison de 30 mètres à la seconde. Ils donnèrent lieu à quelques coups de foudre, et, vers le moment de leur passage dans le voisinage de Bruxelles, le baromètre éprouva une hausse brusque de 2 1/2 millimètres, la plus considérable de ce genre que l'on ait observée jusqu'ici dans la saison hivernale. La plus forte constatée en été s'est produite le 12 août 1875, et elle a atteint $2^{mm}8$ en 5 minutes.

Frahan, orage de 21 $^3/_4$ h. à 22 h.
Bertrix, deux coups de tonnerre au SW. à 22 h.
Chiny, éclairs et tonnerre à 22 h.
Virton, orage de 21 $^1/_2$ à 22 $^1/_2$ h.; beaux éclairs, coups de tonnerre, un peu de pluie.
Ethe, vers 21 $^1/_2$ h., roulements très forts de tonnerre et éclairs continus au SW.; pluie assez forte; fin de l'orage vers 23 heures.

Des éclairs auraient également été observés à Iseghem (Flandre occidentale) pendant la soirée, et dans la direction du SE., soit à 170 kilomètres du centre orageux. On sait que la lumière des éclairs est parfois perçue à des distances considérables du foyer d'où elle émane.

Le 13, à 22 $^1/_4$ h., au moment où le tonnerre grondait au SE. du pays, le barographe de l'Observatoire d'Uccle éprouva une petite hausse brusque comme on en remarque en temps d'orage.

Les conclusions qui se dégagent de l'ensemble des constatations qui précèdent peuvent être résumées comme suit :

1° La tempête du 13-14 février 1900 a suivi une route peu fréquentée par les dépressions d'hiver; elle a eu une direction WSW.-ENE. et son centre a été animé d'une vitesse de 52 kilomètres à l'heure, notablement supérieure à la vitesse moyenne des dépressions en février (30 kilomètres à l'heure) ;

2° Comme il arrive souvent pour les troubles atmosphériques qui pénètrent sur le continent, la dépression s'est comblée régulièrement et progressivement au fur et à mesure de sa marche vers l'Est, et ce à raison de $0^{mm}8$ à l'heure;

3° Son passage sur nos contrées a donné lieu à une hausse barométrique extraordinaire, la plus remarquable observée en Belgique depuis soixante-dix ans;

4° Elle a été accompagnée d'une hausse marquée de la température dans sa partie antérieure, et cette hausse a été sensiblement plus accentuée au sud qu'au nord de sa trajectoire. Ainsi que nous l'avons constaté en maintes circonstances semblables, le maximum thermométrique s'est produit plusieurs heures avant le minimum barométrique. A Uccle, la température en avant de la dépression a été de 6°2; au centre, de 1°7; à l'arrière, de — 1°0. La décroissance thermique était donc la plus rapide dans le bord antérieur;

5° Eu égard à la vitesse de translation de la tempête, la durée du calme central a été particulièrement longue; à Uccle, de 8 h. 10 m. à 9 h. 45 m. du matin, le 14, l'atmosphère s'est trouvée dans un repos presque absolu, alors que quelques heures auparavant le vent soufflait à raison de 7m5 à la seconde en moyenne (entre 2 et 3 heures), et que quelques heures plus tard sa vitesse allait s'élever à 12 mètres (16 à 18 heures). La tempête du 13-14 février, au surplus, n'a rien présenté d'exceptionnel chez nous quant à la violence du vent;

6° Comme la plupart des bourrasques hivernales, celle de février dernier a donné naissance à des phénomènes orageux peu intenses, qui se sont produits au sud de sa trajectoire et dans la partie antérieure de sa sphère d'action, et qui ont marché avec une vitesse considérable, la même que celle des couches supérieures de l'atmosphère.

En résumé, la tempête du 13-14 février a permis de déterminer, d'une manière particulièrement décisive et précise, toutes les manifestations auxquelles donne lieu le passage d'un centre de dépression important sur nos régions.

Variations des éléments météorologiques à Uccle pendant la tempête du 13-14 février 1900.

13-14 FÉVRIER 1900.	Pression barométrique.	Différence d'heure en heure.	Température.	Direction du vent.	Vitesse moyenne du vent (1).	Humidité relative.	Nébulosité.	Phénomènes.
	mm.	mm.			m.			
Midi.	744,5		2°8	ESE.	2,4	55	2	
		- 0,9						
13 h	43,6		2,8	E.	4,2	57	4	
		- 0,9						
14	42,7		3,6	E.	3,9	53	8	
		- 1,1						
15	41,6		3.2	E.	4,4	54	10	
		- 1,1						
16	40,5		2,9	E.	4,9	57	10	
		- 1,5						
17	39,0		2,1	E.	5,8	64	10	Pl. et neige à 5h25m.
		- 0,8						
18	38,2		1,6	E.	6,4	76	10	Pluie.
		- 1,6						
19	36,6		0,9	E.	6,4	89	10	Id.
		- 1,4						
20	35,2		0,6	E.	7,9	93	10	Id.
		- 0,8						
21	34,4		0,7	ESE.	5,2	100	10	Id.
		- 1,3						
22	33,1		0,8	E.	4,6	100	—	
		- 0,7						
23 h	32,4		2,0	E.	4,4	100	—	
		- 0,5						
Minuit.	31,9		3,3	ESE	2,7	100	—	
		- 0,5						
1 h	31,4		4,2	SSE.	5,9	94	—	
		- 0,2						
2	31,2		5,5	S.	6.9	86	—	
		- 0,5						
3	30,7		5,5	S.	7,5	81	—	
		- 0,5						
4	30,2		4,4	SSE.	4,7	83	—	
		- 0,6						

5	29,6		3,6	SSE.	5,3	88	—	
		−0,2						
6	29,4		3,7	SE.	5,6	89	—	
		+0,2						
7	29,6		2,0	SSE.	4,0	92	—	
		+0,4						
8	30,0		2,5	SE.	2,5	92	10	
		+1,0						
9	31,0		1,9	SE.	0,2	98	10	Faible pluie.
		+1,6						
10	32,6		1,7	WNW.	1,7	97	10	Pluie continue.
		+1,6						
11 h	34,2		1,7	W.	2,3	100	10	Brouillard, fine pluie.
		+1,5						
Midi.	35,7		1,9	WNW.	1,3	100	10	Id.
		+2,0						
13 h	37,7		1,9	NW.	5,1	100	10	Brouillard, pluie.
		+2,0						
14	39,7		0,7	NW.	9,3	100	10	Neige.
		+2,1						
15	41,8		0,0	NW.	11,1	100	10	Neige continue mêlée de grésil.
		+2,4						
16	44,2		−0,4	NW.	11,3	95	10	Neige continue.
		+2,2						
17	46,4		−0,7	NW.	12,0	95	10	Id.
		+2,2						
18	48,6		−1,0	NNW.	12,0	95	10	Id.
		+1,7						
19	50,3		−1,2	NNW.	11,4	86	10	Id.
		+1,4						
20	51,7		−1,1	NNW.	11,8	86	10	
		+0,9						
21	52,6		−0,9	NNW.	7,9	97	10	
		+1,5						
22	54,1		−1,2	NNW.	8,6	93	—	
		+1,1						
23 h	55,2		−1,2	NNW.	5,4	97	—	
		+0,4						
Minuit.	55,6		−1,0	NW.	3,3	100	—	

(1) Vitesse moyenne pour l'heure qui précède celle indiquée. Ainsi, la vitesse en regard de 13 heures est celle pour la durée comprise entre 12 et 13 heures

Le magnétisme exerce-t-il une action sur l'intensité de la phosphorescence? par Alex. de Hemptinne.

Si l'on admet que la phosphorescence est due au mouvement de l'éther déterminé par les vibrations des particules matérielles, on s'attendra à trouver qu'un champ magnétique puissant diminuera la durée de la persistance de l'action lumineuse.

En effet, l'influence du magnétisme sur les déplacements électriques, les phénomènes de la polarisation rotatoire magnétique, et plus particulièrement celui de Zeeman, montrent que le champ exerce une influence appréciable sur l'action réciproque de l'éther et de la matière. En général, cette action est une action d'orientation : l'éther semble comme mis en mouvement dans un sens déterminé et acquérir une certaine rigidité, si l'on peut s'exprimer ainsi. On s'attendra donc à voir le mouvement vibratoire des particules matérielles et de l'éther subir un amortissement appréciable dans le champ magnétique; par suite, à constater un affaiblissement de la phosphorescence.

Expériences.

Du sulfure de calcium et du sulfure de zinc phosphorescents ont été préparés d'après les indications de Becquerel. Ces substances réduites en poudre très fine ont été introduites dans des tubes de verre mince de 1 millimètre de diamètre environ sur 30 centimètres de

longueur. Les tubes ainsi préparés ont été scellés à la lampe et exposés au soleil. L'expérimentateur se place alors dans une chambre bien noire et, après un temps assez long pour que son œil soit devenu bien sensible à la moindre lueur, un aide lui passe l'un des tubes dont la partie centrale est mise entre les pôles d'un puissant électro-aimant (fig. 1). La région située entre les pôles est

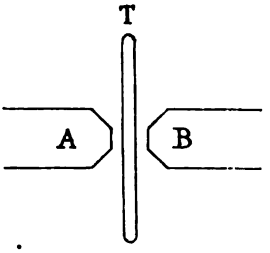


Fig. 1.

ainsi soumise à un champ d'environ trente mille unités C. G. S., tandis que les extrémités des tubes ne subissent qu'une action beaucoup plus faible. Le tube T, phosphorescent d'une manière homogène dans toute sa longueur, est resté phosphorescent pendant un temps assez long; la phosphorescence a diminué graduellement, mais elle est toujours restée homogène d'un bout du tube à l'autre, sans présenter de région plus sombre entre les pôles; en d'autres termes, le magnétisme ne semble pas exercer d'influence appréciable sur la phosphorescence du sulfure de calcium et du sulfure de zinc. Ces expériences sont relativement peu précises; l'œil, en effet, ne peut dans ces conditions que constater des influences assez notables, car l'expérimentateur qui se trouve dans l'obscurité en

présence du tube phosphorescent ne tarde pas à éprouver une certaine fatigue de l'organe visuel, qui doit l'empêcher de distinguer des différences faibles dans l'intensité de la phosphorescence. Pour ce motif, nous avons fait quelques recherches en employant le phosphoroscope, instrument qui permet de faire des comparaisons beaucoup plus exactes.

On ne peut employer un phosphoroscope ordinaire : celui-ci fonctionnant entre les pôles d'un électro-aimant, la distance polaire serait forcément trop grande et par suite l'action du champ serait très faible. Cet inconvénient a été évité en faisant construire un phosphoroscope de très grande dimension dans lequel l'électro-aimant était lui-même enfermé; de cette manière on pouvait rapprocher les pôles autant qu'on le voulait et soumettre ainsi les substances à l'action d'un champ très puissant. La figure 2 montre l'appareil vu par le haut, le couvercle

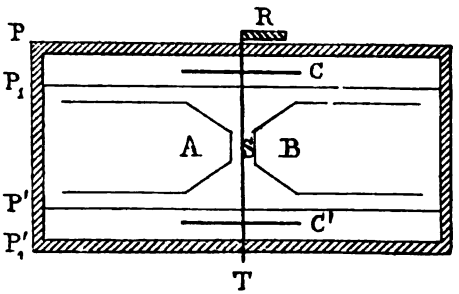


Fig. 2.

de la boîte étant enlevé. Les dimensions totales de la boîte sont de $0^m,80$ de longueur sur $0^m,45$ de largeur et $0^m,45$ de hauteur. La substance se met entre les pôles

AB. Elle est impressionnée par les rayons d'une lampe au magnésium qui arrivent par des fenêtres pratiquées dans les parois PP et le plateau mobile *c*; elle est observée par des fenêtres pratiquées dans les parois P'P' et le plateau mobile *c'*. Les plateaux mobiles *cc'* sont fixés sur le même axe T et mis en mouvement par un système d'engrenages R, de poulies et de contrepoids. Pour une intensité lumineuse *i* et une substance déterminée, on met une quantité de poids telle que, pour la vitesse des plateaux ainsi obtenue, la substance apparaît comme légèrement phosphorescente, la lueur disparaissant pour une vitesse moindre; on excite alors l'électro-aimant et, comme le champ magnétique agit sur l'axe métallique T et les plateaux *c* et *c'*, pour en ralentir la vitesse, on augmente le nombre de poids jusqu'à ce que l'on obtienne une vitesse des plateaux égale à celle que l'on avait sans champ magnétique. On éclaire alors la substance au moyen de la même intensité lumineuse, et l'on observe si, dans ces conditions, il y a encore des lueurs. Les expériences faites sur le sulfure de calcium, le sulfure de zinc, le nitrate d'urane, le diamant et diverses autres substances plus ou moins phosphorescentes nous ont toutes donné des résultats négatifs; dans aucun cas, malgré la sensibilité de la méthode, nous n'avons pu constater sur la phosphorescence une influence quelconque d'un champ magnétique de trente-deux mille unités environ La vitesse limite des plateaux *c* et *c'* à laquelle disparaît la phosphorescence est la même avec ou sans champ magnétique.

Gand, le 15 mars 1900.

—

ÉLECTION.

La Classe procède à l'élection de son délégué auprès de la Commission administrative pendant l'année 1900-1901.

M. Crépin, trésorier, est réélu.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Fredericq (*Léon*). Travaux du laboratoire de l'Université de Liége. Institut de physiologie, t. V, 1895. Liége, 1896; vol. in-8°.

Gilkinet (*Alfred*). Traité de chimie pharmaceutique, 2e édition Liége, 1899; gr. in-8° (XVIII-1213 p.).

Dollo (*Louis*). Expédition antarctique belge. Gerlachea australis, Poisson abyssal nouveau recueilli par cette expédition. Communication préliminaire. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (14 p.).

Meunier (*F.*). Les modes de reproduction des insectes. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (5 p.).

— Un insecte névroptère dans une résine landénienne de Léau (Brabant). Liége, 1899-1900; extr. in-8° (4 p., fig.).

— Ueber die Mycetophiliden (Sciophilinae) des Bernsteines. Neudamm, 1900; extr. in-8° (3 p., 8 fig.).

— Sur quelques prétendus Naucoris fossiles du Musée de Munich. Narbonne, 1900; extr. in-8° (2 p.).

Middendorp (*H.-W.*). Historique de la polémique concernant la signification des bacilles de Koch dans la tuber-

culose et sa méthode de guérison. Lettre ouverte au professeur Dr S.-S. Rosenstein. Bruxelles, 1900. (N° 12 du journal *Le Médecin.*)

Doudou (*Ernest*). Étude sur les cavernes d'Engis. Paris, 1899; extr. in-8° (14 p.).

— Station préhistorique de Chokier. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (3 p.).

— Les cavernes de Chokier, traces y laissées par l'homme. Soignies, 1899; extr. in-8° (3 p.).

Archives de biologie, t. XVI, 4e fascicule, 1900.

—

ALLEMAGNE.

BERLIN. *Kön. preuss. Akademie der Wissenschaften.* Geschichte der Akademie, im Auftrage bearbeitet von Adolf Harnack, Band I-III. Berlin, 1900; 4 vol. in-4°.

Rogel (*Franz*). Recursive Bestimmung der Anzahl Primzahlen unter gegebene Grenzen. Prague, 1899; in-8° (20 p.).

Haeckel (*Ernst*). Kunstformen der Natur, 4. Lieferung. Leipzig, 1900; in-4°.

Robinski (*Severin*). Operiren oder Nichtoperiren bei Krebs-Erkrankungen und andere Zeitgemässe, insbesondere therapeutische Fragen. Berlin, 1898; in-8° (191 p.).

PRAGUE. *K. Gesellschaft der Wissenschaften.* Sitzungsberichte, Mathematische Classe, 1899.

STUTTGART. *Kön. Staatsarchiv.* Urkundenbuch, Band VII. 1900; in-4°.

WURZBOURG. *Historischer Verein.* Archiv, Band 41. 1899.

BUDAPEST. *Kön. ungarische Ackerbauministerium.* Landwirthschaftliche Statistik, Band IV. 1900; in-4°.

KÖNIGSBERG. *Physikalisch-ökonomische Gesellschaft.* Schriften, 1899; in-4°.

Amérique.

Smith (*Frank*). Notes on species of North American Oligochaeta. III. List of species found in Illinois, and Descriptions of Illinois Tubificidae (18 p., 2 pl.).

Clayton (*H. Helm*). Studies of cyclonic and anticyclonic phenomena with kites. Blue-Hill, 1900; in-4° (30 p. et 5 pl.).

Honoré (*C.*). Éclipses du soleil intérieur. Communication scientifique. Montevideo, 1900; in-8° (15 p., fig.).

Washington. *Smithsonian Institution*. Annual report, 1897.

Natural history survey of Minnesota. 24th annual report, 1895-1898.

Washington. *U. S. geological Survey*. Monographs, vol. XXXII-XXXIV, XXXVI-XXXVIII.

— *U. S. Department of agriculture*. Weather Bureau, Bulletin F. 1899; in-4°.

Saint-Louis. *Botanical Garden*. Eleventh annual report, 1900.

Madison. *Geological and Natural history Survey*. Bulletin, n° IV, 1898.

Chicago. *Yerkes Observatory*. Publications, I, 1900; in-4°.

France.

Lapparent (*A. de*). Traité de géologie, 4me édition, fascicules I-III. Paris, 1900; 3 vol. in-8°.

— Sur la symétrie tétraédrique du globe terrestre. Paris, 1900; extr. in-4° (6 p.).

Maupas (*E.*). La mue et l'enkystement chez les Nématodes. Paris, 1900; extr. in-8° (69 p. et 3 pl.).

De Bray (*F.*), et *Maupas* (*E.*). Le tylenchus devastatrix Kühn et la maladie vermiculaire des fèves en Algérie. Alger, 1896; in-8° (55 p. et 1 pl.).

Foveau de Courmelles. L'électricité et ses applications. Paris, 1900; in-16 (185 p. et 42 fig.).

Calinon (*A.*). Étude de géométrie numérique. Paris, 1900; in-8° (34 p.).

Rey-Pailhade (*J. de*). Tables à quatre décimales des logarithmes de toutes les lignes trigonométriques dans la division décimale du cercle entier. Paris, 1900; in-8° (14 p.).

Paris. *Société de biologie.* Cinquantenaire de la Société. Volume jubilaire. 1899; gr. in-8°.

Angers. *Société d'agriculture, sciences et arts.* Mémoires, tome II, 1899.

Paris. *Société zoologique de France.* Bulletin, tome XXIV, 1899.

Ministère de l'Intérieur et de l'Instruction publique. Carte photographique du ciel. Zone + 1 : feuilles 48, 51, 61; Zone + 3 : feuilles 34, 38, 40, 51, 57; Zone + 5 : feuille 135; Zone + 9 : 150, 151; Zone + 22 : feuilles 170, 177, 178, 180; Zone + 24 : feuilles 83, 84, 88, 99, 101, 103, 104-107, 119, 152, 155, 156, 158, 160-164, 166, 167, 172.

—

Government of Madras. Results of observations of the fixed stars, vol IX. 1899; in-4°.

—

Italie.

Schiaparelli (*G.-V.*). Osservazioni astronomiche e fisiche sulla topografia e costituzione del planeta Marte fatte durante 1888. Rome, 1899; in-4° (114 pp., 5 pl.).

Galilei. Le opere di Galileo Galilei, vol. IX. Florence, 1899; in-4°.

Cocchi (*Igino*). Sulla origine dell' acido carbonico contenuto nelle acque sotterranee. Didue acque termali sotterranee. Due memorie idrologiche. Pérouse, 1900; in-8° (16 p.).

ACIREALE. *Accademia di scienze, lettere ed arti.* Atti e Rendiconti, nuova serie, IX, 1897-1898.

BRESCIA. *Ateneo.* Commentari, 1899.

—

PAYS DIVERS.

Nordstedt (*C.-F.-O.*). Index Desmidiacearum citationibus locupletissimus atque bibliographia. Berlin, 1896; in-4° (310 p.).

Lindman (*C.-A.-M.*). Vegetationen i Rio Grande do sul (Sydbrasilien). Stockholm, 1900; in-8° (239 p.).

MANILA. *Observatorio.* Tifones del archipiélago Filipino y mares circunvecionos 1895 y 1896 (Juan Doyle). 1899 ; in-4° (106 p., pl.).

ATHÈNES. *Observatoire.* Annales, t. II, 1900; in-4°.

BERNE. *Société helvétique des sciences naturelles.* Carte géologique de la Suisse, feuille XVI, avec texte, 1899.

COIRE. *Naturforschende Gesellschaft.* Jahresbericht, XLII. Band. 1899.

COPENHAGUE. *Meteorologisk Institut.* Nautical-meteorological annual, 1899-1900; in-4°.

STOCKHOLM. *Académie royale des sciences.* Ofversigt, 1899.

GOTHEMBOURG. *K. Vetenskaps Samhälle.* Handlingar, IV, 2. 1899.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 6.

Séance du 2 juin 1900.

M. Jos. De Tilly, *vice-directeur*, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, L. Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, G. Cesàro, Pol. Francotte et Fr. Deruyts, *correspondants.*

M. Lagrange, *directeur*, et M. Pelseneer, correspondant, écrivent pour motiver leur absence.

— M. De Tilly adresse les félicitations de la Classe à MM. Dupont, promu Commandeur, le chevalier Marchal, promu Officier, J. Deruyts, Lancaster et Francotte, nommés Chevaliers de l'Ordre de Léopold.

Des applaudissements accueillent cette motion ainsi que les remerciements exprimés par M. Dupont, tant au nom de ses confrères qu'en son nom personnel.

— M. le Secrétaire perpétuel fait savoir qu'il a adressé à M. le baron de Selys Longchamps, à l'occasion de la manifestation dont il a été l'objet le 24 mai, les remerciements de l'Académie pour la sollicitude qu'il a toujours témoignée pour ses intérêts pendant les quarante-cinq années qu'il a fait partie du Sénat.

M. le Secrétaire perpétuel donne en même temps lecture de la lettre de remerciements de M. le baron de Selys Longchamps.

M. De Tilly renouvelle à l'éminent doyen d'ancienneté des trois Classes de l'Académie, les sentiments de reconnaissance et d'affection de tous ses confrères.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet cinq exemplaires :

1° du Rapport du jury qui a été chargé de décerner le prix décennal des sciences botaniques pour la période de 1889-1898;

2° du Rapport du jury qui a été chargé de décerner le

prix décennal des sciences physiques et chimiques pour la même période. — Remerciements.

— La Commission d'organisation du troisième Congrès ornithologique international annonce que sa session se tiendra à Paris du 26 au 30 juin courant. M. le baron de Selys Longchamps accepte la mission d'y représenter la Classe.

— Le Comité d'organisation du Congrès international de physique annonce que sa première session aura lieu également à Paris, du 6 au 12 août prochain. MM. Van der Mensbrugghe, Spring et De Heen y représenteront la Classe.

— M. M. Stuyvaert, professeur à l'Athénée royal de Gand, lauréat du concours annuel de la Classe de 1898, remercie pour son diplôme.

— L'Académie royale de médecine envoie le programme de ses concours pour les années 1900, 1901 et 1902.

— M. le Ministre de l'Intérieur envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire de l'ouvrage :

Anatomie du système nerveux de l'homme, 3e édition, volumes I et II, par M. Van Gehuchten. — Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1. *Essai d'une monographie des dépôts marins et continentaux du quaternaire moséen, le plus ancien de la Belgique;* par Michel Mourlon ;

2. *Plantæ Thonnerianæ congolenses* ou énumération des plantes récoltées en 1896 par M. Fr. Thonner dans le district des Bangalas; par E. De Wildeman et Th. Durand (présenté par M. Crépin avec une note qui figure ci-après);

3. *Étude sur la stabilité des poutres en treillis;* par L. Anspach;

4. *Stad Antwerpen. Pædologisch jaarboek,* onder redactie van prof. Dr M.-C. Schuyten, 1e jaargang (présenté par M. Van Bambeke avec une note qui figure ci-après);

5. *Sulla origine nell' acido carbonico contenuto nelle acque sotterranee. Di due acque termali sotteranee;* par Igino Cocchi (présenté par M. Dewalque);

6. *Cinquantenaire de la Société de biologie de Paris. Volume jubilaire.* 1848-1898;

7. *Chemins de fer pour de grandes vitesses;* par Léon de Somzée;

8. *Racovitzia glacialis. Poisson abyssal nouveau;* par L. Dollo;

9. *Die Bildnisse Friedrichs der Grossen und seine äussere Erscheinung,* Rede von Waldeyer;

10. I. *Svenska Expeditionen till Magellansländerna.* Wissenschaftliche Ergebnisse der schwedischen Expedition nach den Magellansländern 1895-1897, unter Leitung von Dr Otto Nordenskjöld. Bd I : Geologie, Geographie und Anthropologie, 1stes Heft; Bd II : Zoologie, 1stes Heft; offerts par l'auteur, professeur agrégé à l'université d'Upsal;

11. *a*) Résumé d'un travail (*La grotte du Glossotherium*) [*Neomylodon*], en Patagonie, de M. Erland Nordenskjöld, présenté à l'Académie des sciences de Paris,

dans la séance du 26 décembre 1899, par Albert Gaudry; *b*) *Iakttagelser och Fynd i Grottor vid ultima Esperanza i Sydvestra Patagonien,* af Erland Nordenskjöld; *c*) *Om skifferbitar, som träffats flytande på hafsytan i Sydvestra Patagonien,* af Erland Nordenskjöld; *d*) *New Untersuchungen über Neomylodon Listai* (Vorläufige Mittheilung). Von Erland Nordenskjöld; offerts par l'auteur, de l'université précitée d'Upsal.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Mémoire démontrant l'insuffisance des formules de Lagrange et de Hamilton pour la solution d'une classe étendue de problèmes de dynamique;* par Eugène Ferron. — Commissaires : MM. Le Paige, Lagrange et De Tilly;

2° *Recherches sur le développement post-embryonnaire et l'organisation de Molgüla ampulloïdes* (P.-J. Van Beneden). Communication préliminaire, par Marc de Selys Longchamps et D. Damas. — Commissaire : M. Éd. Van Beneden;

3° *Développement du cœur, du péricarde et des épicardes chez Ciona intestinalis.* Communication préliminaire, par Marc de Selys Longchamps. — Commissaire : M. Éd. Van Beneden;

4° *Macrurus Lecointei. Poisson abyssal nouveau recueilli par l'Expédition antarctique belge.* — Communication préliminaire par Louis Dollo. — Commissaire : M. Dupont;

5° *Sur la dissociation du pentachlorure d'antimoine;* par Marcel Nothomb. — Commissaires : MM. Spring et Henry;

6° *Le magnétisme exerce-t-il une influence sur les réac-*

tions chimiques; par Alex. de Hemptinne. — Commissaires : MM. De Heen et Spring;

7° *Le tracé de la pulsation artérielle chez le chien;* par Léon Jacqué. — Commissaires : MM. Fredericq et Masius.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

L'ouvrage intitulé: *Plantæ Thonnerianæ congolenses*, que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie aux noms de ses auteurs, MM. De Wildeman et Durand, est une très importante contribution à la flore d'Afrique. Parmi les espèces que ces savants botanistes ont énumérées ou décrites, dix-huit étaient inédites et ont été nommées par eux. Cinq autres espèces inédites ont été dénommées par des spécialistes. Tous ces types, nouveaux pour la science, sont figurés dans une série de planches admirablement exécutées.

Les matériaux qui ont servi de base à cet ouvrage ont été généreusement offerts au Jardin botanique de Bruxelles par M. Thonner qui les avait recueillis au Congo en 1896. Ce courageux voyageur a lui-même publié en allemand un très remarquable ouvrage sur son exploration au Congo, dont la traduction a paru à Bruxelles, en 1898, sous le titre de : *Dans la grande forêt de l'Afrique centrale.*

François Crépin.

J'ai l'honneur d'offrir à la Classe, de la part du rédacteur, M. le professeur Schuyten, le premier volume du « Pædologisch Jaarboek », publié par l'administration communale de la ville d'Anvers.

M. le professeur Schuyten, directeur du service pédologique scolaire et du laboratoire pédologique communal de la ville d'Anvers, n'est pas un inconnu pour l'Académie; en effet, nos *Bulletins* de 1896 et 1897 renferment les résultats de ses recherches concernant l'Influence des variations de la température atmosphérique sur l'attention volontaire des élèves.

Dans l'introduction de la première année de l'*Annuaire pédologique,* l'auteur nous fait connaître le but de cette nouvelle publication : « L'avenir de la pédagogie moderne, y est-il dit, n'est pas douteux; arrivée à la période expérimentale, elle suivra la même voie que les autres sciences exactes; elle se développera, non par le moyen de pures spéculations de l'esprit avec leurs nombreuses et si dangereuses « déductions logiques », mais par l'étude des *phénomènes naturels* dont l'enfant est le siège, l'enfant soumis aux mêmes lois générales que les autres êtres de la nature; elle grandira par le *laboratoire* et par les *expériences instituées sur une grande échelle;* de cette façon, elle prendra la place qui lui revient sans conteste, à côté de ses sœurs privilégiées : la chimie, la physique et tant d'autres.

Le présent volume renferme deux travaux originaux par le Dr Schuyten : Dans l'un de ces travaux, l'auteur s'occupe de l'accroissement de la force musculaire chez les enfants pendant l'année d'école; dans le second travail, il recherche jusqu'à quel point la vue des filles est adaptée aux travaux manuels dans les classes des écoles primaires d'Anvers.

Vient ensuite un appendice intitulé : « École et tuberculose pulmonaire ».

Le livre se termine par une Revue bibliographique; on y trouve l'analyse d'un grand nombre de travaux de pédologie. Ajoutons, à ce propos, que le service pédologique scolaire d'Anvers peut compter sur la collaboration de plusieurs savants spécialistes : le professeur Binet, directeur du laboratoire psycho-physiologique de la Sorbonne; le Dr Burgerstein, professeur à l'École polytechnique supérieure de Vienne; le Dr Ebbinghaus, professeur à l'Université de Breslau, etc.

C. Van Bambeke.

RAPPORTS.

La Classe décide l'impression au *Bulletin* d'une note préliminaire par M. Louis Dollo : Macrurus Lecointei, *Poisson abyssal nouveau recueilli par l'Expédition antarctique belge,* examinée par M. Dupont.

Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau sur une requête adressée au Gouvernement par M. Léon Fredericq, professeur à l'Université de Liége et membre de la Classe, à l'effet de pouvoir occuper, en 1901, la table belge du laboratoire du Dr Dohrn, à Naples.

Communication à M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique;

2° De MM. F. Deruyts, De Tilly et Mansion, sur une nouvelle rédaction par M. Ferron, de son *Mémoire énonçant et démontrant un nouveau principe de mécanique.*

— Depôt aux archives;

3° De MM. Brialmont et Van der Mensbrugghe, sur une demande de M. Raoul Lavachery de voir figurer au *Bulletin* la description de l'appareil de sauvetage qui a fait l'objet d'un billet cacheté, portant la date du 28 novembre 1899 et dont la Classe avait accepté le dépôt. D'après les commissaires, il s'agit, en la circonstance, d'une question de priorité que l'Académie ne peut résoudre. Son rôle doit se borner, leur semble-t-il, à certifier conforme au texte déposé la copie qu'elle pourrait autoriser M. Lavachery à prendre du pli ouvert sur sa demande dans la séance du 7 mai dernier. — Approuvé.

—

Sur l'albumine du sérum de bœuf; par M. Hougardy.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« Halliburton, appliquant à l'albumine du sérum le procédé du chauffage graduel, a vu la substance se fractionner par la chaleur en trois portions, se précipitant respectivement vers 70°, 77° et 82°. Les physiologistes ne sont pas d'accord sur la valeur qu'il faut attribuer à cette méthode.

M. Hougardy a cherché à en contrôler la valeur, en la combinant avec celle des précipitations fractionnées par le sulfate d'ammoniaque et avec l'examen du pouvoir rotatoire des différentes fractions précipitées. Il a opéré sur le sérum de bœuf, qui ne contient que les albumines de Halliburton se coagulant à 77° et 82°.

Les différentes fractions précipitées successivement dans le sérum de bœuf (débarrassé au préalable de para-

globuline par la demi-saturation au sulfate d'ammonium) se sont comportées d'une façon identique au point de vue de leur solubilité dans les solutions de sulfate ammonique, de leur coagulabilité par la chaleur et de leur action sur le plan de la lumière polarisée. Les fractions qui se coagulent à 77° et à 82° ont donc les mêmes propriétés, ce qui rend douteuses les conclusions tirées de la seule méthode des coagulations fractionnées.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'impression de l'intéressante notice de M. Hougardy dans le *Bulletin* de la séance. »

M. J.-B. Masius, second commissaire, déclare se rallier aux conclusions du rapport de M. L. Fredericq. Celles-ci sont adoptées.

—

Sur quelques dérivés fluorés du toluol (deuxième communication); par F. Swarts.

Rapport de W. W. Spring, premier commissaire.

« M. F. Swarts a continué ses intéressantes et fécondes recherches sur les dérivés fluorés organiques. Il donne aujourd'hui la suite de son travail sur les dérivés fluorés du toluène dont l'Académie avait reçu la première partie dans sa séance de mars 1898.

En traitant le phénylchloroforme ($C_6H_5.CCl_3$) par le fluorure d'antimoine, l'auteur avait obtenu, à la fois, du *toluène trifluoré* ($C_6H_5.CFl_3$) et du *toluène bifluorchloré* ($C_6H_5.CFl_2Cl$). Les conditions de la formation de l'une

et l'autre substance sont, à présent, mises en lumière : le dérivé trifluoré se forme le plus abondamment *à chaud*, tandis que le dérivé bifluoré prédomine *à froid*.

Ce point fixé, M. Swarts complète l'examen des propriétés du *toluène bifluorchloré*. Il constate que ce corps réagit avec l'eau, surtout en présence des acides, et qu'il se forme alors de l'acide benzoïque accompagné des acides fluorhydrique et chlorhydrique. L'acide nitrique convertit le dérivé bifluoré, dans les conditions ordinaires, principalement en *acide nitrobenzoïque;* il ne se produit que très peu de toluènebifluorchloré *nitré*.

Mais si l'on combat l'action *hydrolysante* de l'acide nitrique en le chargeant d'anhydride phosphorique, la formation du dérivé bifluorchloré nitré devient régulière.

Ce corps, qui répond à la formule $C_6H_4.NO_2.CFl_2Cl$, est liquide et bout à 133°5.

L'auteur a obtenu aussi le *toluène bifluoré :* $C_6H_5.CHFl_2$ par l'action de l'amalgame de sodium sur le produit primitif.

Enfin il a préparé également le dérivé nitré du *toluène monofluorbichloré* dont il avait pu recueillir une petite quantité pendant la formation du dérivé bifluoré.

Tels sont les points principaux de ce travail; ils suffisent pour en montrer la portée; aussi est-ce avec empressement que je propose son insertion dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Henry, second commissaire, déclare se rallier bien volontiers, dit-il, à cette proposition laquelle est adoptée par la Classe.

—

Développement du cœur, du péricarde et des épicardes chez CIONA INTESTINALIS; par Marc de Selys Longchamps.

Rapport de M. Édouard Van Beneden

Le mode de formation du cœur et de l'épicarde, chez les Tuniciers, est bien loin d'être élucidé, malgré les nombreuses recherches dont cette question a été l'objet dans le cours des dernières années. Des travaux récents, portant sur le développement de *Ciona intestinalis*, une forme qui, en raison de multiples caractères archaïques, présente au point de vue de la morphologie un intérêt spécial, ont conduit à des résultats contradictoires.

M. Marc de Selys Longchamps, grâce à un riche matériel, supérieurement conservé, recueilli et préparé par lui-même l'an dernier, pendant un séjour à la station zoologique de Bergen (Norwège), a pu obtenir de fort belles séries de préparations, absolument démonstratives, qui l'autorisent à affirmer :

1° que le cœur, chez *Ciona intestinalis*, se forme aux dépens de deux ébauches vésiculaires distinctes;

2° que ces deux ébauches siègent, dès l'origine, au voisinage du plan médian, entre l'extrémité postérieure de l'endostyle et l'entrée de l'œsophage; qu'elles sont en rapport avec le sillon rétropharyngien ;

3° que ces vésicules s'appliquent l'une contre l'autre en donnant lieu à la formation d'un septum séparant

complètement l'une de l'autre, au début, les cavités des vésicules primitives;

4° que la cavité cardiaque se forme par l'écartement secondaire des deux feuillets qui constituent ce septum, ces feuillets donnant, par la suite, la paroi épithélio-musculaire du cœur;

5° que les cavités des deux vésicules se mettent en communication secondaire l'une avec l'autre, le long du bord distal du septum, pour donner naissance à la cavité péricardique future;

6° que, comme M. Damas l'avait conclu de l'examen de stades relativement avancés du développement, il n'y a aucun lien génétique immédiat entre l'organe cardio-péricardique et les épicardes;

7° qu'il n'existe donc pas de procardes chez *Ciona intestinalis;*

8° que, comme M. Damas l'a soutenu, la formation des cavités épicardiques est très tardive chez cette espèce; qu'elle résulte du cloisonnement de la cavité branchiale primitive, ce cloisonnement s'opérant postérieurement à l'achèvement du cœur.

M. Marc de Selys Longchamps, dans le but de prendre date, communique à l'Académie un exposé sommaire de ces résultats. Je propose à la Classe d'ordonner l'impression de sa note dans le *Bulletin* de la séance et de décider l'insertion dans le texte des six figures jointes au manuscrit. — Adopté.

—

Recherches sur le développement post-embryonnaire et l'organisation de MOLGULA AMPULLOÏDES *(P.-J. Van Ben.)*; par Marc de Selys Longchamps et D. Damas.

Rapport de M. Édouard Van Beneden.

Dans un fort remarquable mémoire, portant sur le développement post-embryonnaire d'une Phallusiadée (Ascidiella scabroïdes), M. Marc de Selys Longchamps a montré comment la branchie si compliquée de l'adulte dérive du pharynx larvaire à six couples de protostigmates. Il résulte de ces recherches que les nombreuses séries transversales de stigmates de l'Ascidie complètement développée procèdent, par divisions successives, des six protostigmates de la larve fixée et que l'on peut retrouver, chez l'adulte, les indices manifestes de la composition primitive de la branchie. Contrairement à ce que l'on a admis pendant longtemps, la branchie d'une Phallusiadée n'est donc pas pourvue d'innombrables fentes branchiales; à supposer que les protostigmates puissent être comparés aux fentes branchiales des Vertébrés, l'Ascidie complètement développée ne posséderait que six fentes branchiales.

Il était important de rechercher si cette conception de la branchie des Phallusiadées s'applique également aux autres Ascidies simples.

Utilisant un matériel qu'ils ont recueilli ensemble à Ostende, en 1898, MM. Marc de Selys Longchamps et Damas ont fait une étude complète de la branchie chez *Molgula ampulloïdes*. De toutes les Ascidies simples, les

Molgulides sont celles dont la branchie diffère le plus profondément, à première vue, de celle des Phallusiadées.

Les conclusions de ces recherches peuvent être résumées comme suit :

1° La loi que Marc de Selys Longchamps a reconnue, en ce qui concerne l'évolution de la branchie chez *Ascidiella scabroïdes*, s'applique également à une Molgulide, et l'on est en droit de supposer, dès lors, qu'elle est générale pour toutes les Ascidies simples. Chez *Molgula ampulloïdes*, malgré des différences de structure en apparence nombreuses et considérables, la branchie résulte de la complication secondaire d'un stade à six protostigmates, par dédoublements successifs de ces derniers. Les auteurs ont fait connaître, dans tous leurs détails, les analogies et les différences que présente l'évolution dans les deux types d'organisation;

2° Il y a lieu de distinguer des *protostigmates primaires* et des *protostigmates secondaires;* ces derniers, au nombre de six, procèdent, conformément aux observations de Willey, chez *M. Manhattensis* de trois protostigmates primaires;

3° Des trois protostigmates primaires, le troisième, le plus postérieur, se forme par perforation distincte.

Si donc les trois protostigmates primaires étaient homologues, ce qui reste tout au moins douteux, à des fentes branchiales de vertébrés, il n'existerait que trois coupies de fentes branchiales chez les Molgulides, comme chez les Phallusiadées.

Les auteurs ont pu établir, dans le cours de leurs recherches, la permanence, dans la glande hypoganglionnaire de la Molgule ampulloïde, du globe pigmentaire de

l'unique organe de sens pigmenté de la larve. Ils ont fait, en outre, sur le développement des organes sexuels de cette espèce, de précieuses observations résumées, concurremment avec leurs études sur le développement de la branchie, dans la note préliminaire qu'ils communiquent à l'Académie. J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'en ordonner l'impression dans le *Bulletin* de la séance et d'engager les auteurs à poursuivre les recherches qu'ils ont entreprises. — Adopté.

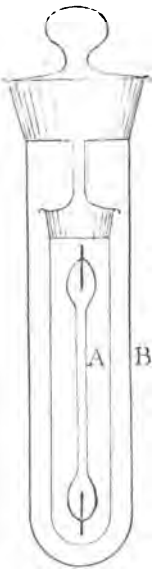
COMMUNICATIONS ET LECTURES.

De la transparence de divers liquides pour les oscillations électro-statiques; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Dans une précédente note, nous avons montré que si l'on met *un* des pôles d'une bobine d'induction, activée par un interrupteur de Wehnelt, en communication avec une toile métallique par exemple, il se développe des oscillations électro-statiques capables de se transmettre à distance. Il était dès lors intéressant de rechercher si la transparence de divers milieux est comparable à la transparence observée pour les modes de propagation de l'énergie précédemment connus.

Afin d'opérer sur les liquides, nous avons disposé concentriquement deux éprouvettes en verre A et B,

munies chacune d'un bouchon en verre. Le tube central renfermait le tube à vide destiné à déceler l'oscillation; la partie annulaire comprise entre les deux tubes et ayant environ 5 millimètres d'épaisseur était occupée par le liquide à examiner.



Voici comment se classent les liquides:

Liquides opaques.	*Liquides transparents.*
Eau	Éther
Alcool éthylique	Pétrole
— amylique	Benzine
Aldéhyde	Xylène
Sulfure de carbone	Acide butyrique
Bromure d'éthyle	— valérianique

En admettant la loi de l'inverse du carré de la distance, voici les nombres qui représentent la transparence de mélanges d'éther et d'alcool :

Éther.	Alcool.	Transparence.
250cc	0	1,232
230	20	640
210	40	325
190	60	73
175	75	0

Il résulte également de l'observation des liquides purs que ceux-ci semblent se diviser en substances qui sont presque complètement transparentes et en substances qui ne le sont pas du tout. D'autre part, il nous a été impos-

sible de trouver une analogie avec la transparence relative aux autres modes de propagation de l'énergie, ni jusqu'à présent avec les autres propriétés chimiques ou physiques. C'est ainsi, par exemple, que l'eau et l'éther sont tous deux électro-statiquement conducteurs, alors que l'un est opaque et l'autre transparent, d'autre part le sulfure de carbone est opaque, alors qu'il est beaucoup moins conducteur que l'éther. Cette constatation a été faite à l'aide de l'électroscope. Les mesures fournies par les tables de Landolt classent les liquides dans l'ordre suivant : Benzine, alcool, éther, eau, sulfure de carbone.

Note. — Des phénomènes que nous avions attribués dans notre dernière note à une *inductance électro-statique* nous semblent actuellement, pouvoir s'interpréter à l'aide du phénomène de l'*influence*, bien qu'il se produise dans certaines conditions des faits d'une interprétation difficile.

Phénomènes périodiques observés en mai 1900;
par F. Folie, membre de l'Académie.

Le 3. Feuillaison du noyer et du frêne. (Grivegnée.)
Le 4. Floraison de l'ajonc. (Tilff.)
Le 5. Floraison du pommier, de l'ortie jaune. (Grivegnée.)
Floraison du sisymbre officinal. (Id.)
Arrivée du martinet.
Le 6. Floraison du lilas mauve. (Id.)
Floraison du narcisse des poètes. (Id.)
Le 7. Floraison générale des fraisiers. (Id.)
Floraison du cytise (pluie d'or). (Id.)
Floraison d'une aubépine (précoce). (Id.)

Le 8. Floraison du genêt. (Id.)

Le 10. Floraison des aubépines. (Id.)

Le 15. Floraison des orchidées, cardamines, saxifrages. (Chiny.)

Du 15 au 20. Floraison du sorbier, du tamarix, de la glycine, de la boule-de-neige. (Grivegnée.)

Le 20. Premières pousses des chênes. (Coo.)

Le 21. Floraison du néflier. (Grivegnée.)

Le 23. Floraison du framboisier et de l'épine vinette. (Id.)

Le 27. Floraison du cytise Adami. (Id.)

Le 30. Floraison de la sauge officinale. (Id.)

Le 31. Floraison du bouquet-tout-fait. (Id.)

La nuit du 18 au 19 a été désastreuse pour les arbres fruitiers dans les Ardennes. A Saint-Vith, notamment, la récolte des pommes et même celle des groseilles est perdue. A Melreux également.

—

MACRURUS LECOINTEI, *Poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition Antarctique belge* (communication préliminaire); par M. Louis Dollo, Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, à Bruxelles.

I. — INTRODUCTION.

Les Poissons de la *Belgica* dont j'ai entretenu l'Académie jusqu'à présent rentraient tous dans une même famille, les *Trachinidæ*, qui, comme on le sait, sont particulièrement bien représentés dans le voisinage du Cercle polaire Antarctique.

Je désirerais, aujourd'hui, décrire un type nouveau

appartenant à un groupe entièrement différent, les *Macruridæ*, famille abyssale dont les diverses Expéditions océaniques ont découvert de nombreuses espèces (le genre *Macrurus*, notamment, n'en comprenait pas moins de cent vingt-cinq au mois de décembre dernier).

Notre Poisson se rapporte précisément à ce genre *Macrurus*, et c'est, ainsi que je viens de le dire, encore une forme nouvelle.

Rien de très étonnant à cela, d'ailleurs, puisque les espèces de *Macrurus* réputées les plus australes, avant l'Expédition Antarctique belge, ont été capturées en deçà du 55° Lat. S., tandis que la nôtre a été prise au delà du 70°.

J'appellerai celle-ci : *Macrurus Lecointei*, en souvenir des services rendus à l'Expédition par M. G. Lecointe, lieutenant au 1er Régiment d'Artillerie, et commandant en second de la *Belgica*, — services qui font le plus grand honneur à l'armée belge.

II. — Diagnose.

Macrurus Lecointei, sp. n.

D. IX, 75; C. 6; A. 84; P. 21; V. 10.

Dents prémaxillaires, sur deux rangs : l'externe, aux dents plus fortes, espacées ; l'interne, rudimentaire, constitué par quelques dents isolées.

Dents mandibulaires, sur un rang, espacées.

Deuxième épine dorsale, barbelée.

Museau, conique, obtus, se prolongeant au delà de la

bouche, dont la fente n'atteint pas la verticale du centre de l'œil.

Bord supérieur du museau, tranchant, et présentant, de chaque côté, une double échancrure: l'antérieure, pour les narines; la postérieure, pour l'œil. En avant, une triple saillie : la plus forte, arrondie, au milieu; les deux autres, anguleuses, latérales et symétriques. Toutes trois, dentelées, et leurs dentelures garnies d'aspérités.

Face supérieure du museau, carénée, sur la ligne médiane, jusqu'au niveau des orbites.

Espace interorbitaire, plat, moindre que le diamètre de l'orbite, lequel est plus grand que la longueur du museau.

Œil, entouré d'une large membrane orbitaire. Contenu cinq fois dans la longueur de la tête, alors que celle-ci ne renferme pas quatre fois le diamètre de l'orbite.

Bord postérieur du préopercule, à peine échancré. Bord inférieur, très légèrement festonné. Branches verticale et horizontale, nues, sauf quelques écailles cycloïdes inermes.

Barbillon, beaucoup plus petit que l'œil.

Anus, même chez un individu ne mesurant pas 20 centimètres, immédiatement contre la nageoire anale. Sa distance à l'isthme est supérieure à la longueur de la tête (presque égale à cette longueur augmentée d'un tiers). Sa verticale ne rencontre pas la deuxième nageoire dorsale, mais passe très légèrement en avant du milieu de la distance qui sépare la première nageoire dorsale de la deuxième. Il est situé très loin en arrière des nageoires ventrales.

Il n'y a pas d'espaces, ou dépressions, dépourvus

d'écailles, ni dans le voisinage de l'anus, ni dans celui des nageoires ventrales.

Écailles, minces, en grande majorité cycloïdes, caduques, quasi toutes tombées. Sur la tête, presque partout armées d'épines; museau et région infra-orbitaire, écailleux. Sur la nuque, cinq rangées d'épines à chaque écaille. Puis, vers l'arrière, ces cinq rangées se réduisent bientôt à trois. Puis, plus loin, dans le même sens, bientôt à une seule. Puis, plus loin encore, et dans le même sens toujours, les écailles ne tardent pas à devenir simplement cycloïdes et inermes, et les choses demeurent ainsi pour le reste du corps. Il y a six rangées d'écailles entre la première nageoire dorsale et la ligne latérale.

Les barbelures de la deuxième épine de la première nageoire dorsale sont plutôt espacées.

La deuxième nageoire dorsale commence à une distance de la première plus grande que les trois quarts de la longueur de la tête.

La nageoire caudale est étroite et allongée, mais non étirée en un long filament.

La nageoire pectorale est très légèrement plus grande que la moitié de la longueur de la tête ; cependant, elle n'atteint pas la verticale de l'anus.

La nageoire ventrale a son rayon externe prolongé en un filament dépassant en grandeur la moitié de la longueur de la tête; pourtant, il n'arrive pas à l'anus.

Le Poisson est brun, sauf les cavités buccale, branchiale et abdominale, et le repli cutané séparant les narines d'un même côté, qui sont noirs.

III. — Dimensions.

Voici, maintenant, les dimensions les plus importantes du plus grand des deux spécimens capturés ensemble par l'Expédition Antarctique belge :

	Millimètres.
Longueur totale (nageoire caudale comprise)	428
Longueur du corps (nageoire caudale exclue)	411
Longueur de la tête	84
Longueur du museau	22
Largeur du museau (entre les narines)	12
Espace interorbitaire	19,5
Diamètre de l'œil	16,8
Longueur du barbillon	10
Diamètre de l'orbite	22,5
Longueur de la nageoire pectorale	43,5
Longueur de la nageoire ventrale (rayon externe exclu)	23,5
Longueur du rayon externe de la nageoire ventrale	49,5
Longueur de la nageoire caudale	17
Distance de l'extrémité du museau à l'origine de la première nageoire dorsale	104
Distance de l'extrémité du museau à l'origine de la deuxième nageoire dorsale	186
Distance de l'extrémité du museau à l'anus	147

IV. — Habitat.

Océan Antarctique : 70°40′ Lat. S. et 102°15′ Long. W.
Profondeur : 2,800 mètres.
Température du fond : + 0°,5.
N° 873, pris au Chalut III, le 14 mars 1899.

V. — Comparaison systématique.

Par ses dents prémaxillaires sur deux rangs (l'externe, aux dents plus fortes, espacées; l'interne, rudimentaire, constitué par quelques dents isolées), par ses dents mandibulaires sur un rang et espacées, par sa deuxième épine dorsale barbelée, — le *Macrurus Lecointei* appartient au sous-genre *Nematonurus* (1).

Or, dans la liste des espèces du genre *Macrurus* publiée, au mois de décembre dernier (2), par M. S. Garman, Assistant au Museum of Comparative Zoology (Harvard University), à Cambridge (États-Unis), il n'y en a que quatre qui rentrent dans le sous-genre *Nematonurus*.

Ce sont les seules avec lesquelles il est utile de comparer le *Macrurus Lecointei*, au point de vue de la Taxonomie.

1. *Macrurus (Nematonurus) armatus* (3), Hector, 1875. Se différencie de *M. Lecointei* en ce que ses dents ne forment qu'une rangée à la mâchoire supérieure comme à la mâchoire inférieure, sa fente buccale s'étend au delà de la verticale du centre de l'œil, son museau est dépourvu des trois saillies garnies d'aspérités, son espace interor-

---

(1) A. Günther, *Report on the Deep-Sea Fishes.* Voyage of H. M. S. Challenger. Zoology, vol. XXII, 1887, p. 124.

(2) S. Garman, *The Fishes (Reports on an Exploration by the U. S. Fish Commission Steamer « Albatross », during 1891 : XXVI).* Mem. Mus. Comp. Zool. (Harvard College), vol. XXIV, Cambridge (États-Unis), 1899, p. 395.

(3) A. Günther, *Deep-Sea Fishes,* etc., p. 150.

bitaire est beaucoup plus large que le diamètre de l'œil, son œil est contenu cinq fois et demie dans la longueur de la tête et ne se montre pas entouré d'une membrane orbitaire très développée (ce qui fait que le diamètre de l'œil se confond avec celui de l'orbite), la branche verticale de son préopercule est écailleuse, son barbillon est presque égal à l'œil, la verticale de son anus passe bien plus près de l'origine de la deuxième nageoire dorsale que de la terminaison de la première, ses écailles (non caduques) sont toutes armées de cinq rangées d'épines et comprennent huit séries entre la première nageoire dorsale et la ligne latérale, sa première nageoire dorsale a onze rayons, et sa deuxième nageoire dorsale commence à une distance de la première fort notablement moindre que les trois quarts de la longueur de la tête.

2. *Macrurus (Nematonurus) longifilis* (1), Günther, 1877. Se différencie de *M. Lecointei* en ce que ses dents sont plus fortes, ses mâchoires sont égales, sa fente buccale s'étend presque jusqu'à la verticale du bord postérieur de l'œil, son museau est dépourvu des trois saillies garnies d'aspérités, son espace interorbitaire est plus grand que le diamètre de l'œil (qui est plus petit que la longueur du museau), son œil manque d'une large membrane orbitaire, son préopercule est écailleux, la verticale de son anus passe par le bord antérieur de la deuxième nageoire dorsale, ses écailles ont cinq faibles crêtes inermes et comptent treize à quatorze rangées entre la première nageoire dorsale et la ligne latérale, sa première

(1) A. Günther, *Deep-Sea Fishes*, etc., p. 151.

nageoire dorsale comprend treize rayons, sa deuxième nageoire dorsale commence à peu près immédiatement derrière la première (à une distance moindre que le douzième de la longueur de la tête), les rayons de sa nageoire caudale sont courts, sa nageoire pectorale (avec dix-huit rayons) est aussi longue que la tête et dépasse l'anus, et sa nageoire ventrale (avec neuf rayons) a un rayon externe plus du double de la grandeur de la tête et se prolonge également au delà de l'anus.

3. *Macrurus (Nematonurus) affinis* (1), Günther, 1878. Se différencie de *M. Lecointei* en ce que sa fente buccale s'étend en arrière du centre de l'œil, son museau manque des trois saillies garnies d'aspérités, son espace interorbitaire est égal au diamètre de l'œil (qui est lui-même égal au quart de la longueur de la tête), son œil est dépourvu d'une large membrane orbitaire, le bord postérieur de son préopercule est échancré, le bord inférieur est dentelé et la branche verticale est écailleuse, la verticale de son anus passe beaucoup en arrière du milieu de la distance qui sépare la première nageoire dorsale de la deuxième, toutes ses écailles ont trois ou cinq rangées d'épines et forment sept séries entre la première nageoire dorsale et la ligne latérale, sa première nageoire dorsale a onze rayons et les barbelures de l'épine sont plutôt serrées, sa deuxième nageoire dorsale commence à une distance de la première moindre que les trois quarts de la longueur de la tête, les rayons de sa nageoire caudale sont courts, et sa nageoire pectorale compte dix-neuf rayons.

---

(1) A. Günther, *Deep-Sea Fishes*, etc., p. 151.

4. *Macrurus (Nematonurus) cyclolepis* (1), Gilbert, 1895. Se différencie de *M. Lecointei* en ce que son museau lisse est comprimé et sans crêtes tranchantes, la verticale de son anus passe par le milieu de la distance qui sépare les deux nageoires dorsales (laquelle est moindre que la moitié de la longueur de la tête), ses écailles sont inermes jusque sur la tête (où elles montrent tout au plus une saillie médiane avec une ou deux petites pointes épineuses), sa première nageoire dorsale a dix ou onze rayons, sa nageoire pectorale n'égale pas la moitié de la longueur de la tête, et sa nageoire ventrale a douze rayons dont l'externe dépasse l'anus.

Il résulte de ce qui précède que la création de l'espèce *Macrurus Lecointei* est entièrement justifiée.

VI. — Caractères adaptatifs.

Il y aurait beaucoup à dire sur les caractères adaptatifs des espèces du genre *Macrurus*. Je me bornerai, ici, à appeler l'attention sur la nature de la *queue* de ces Poissons.

Cette queue, en apparence diphycerque, n'a pris que secondairement cet aspect, et est donc en réalité *géphyrocerque* (2).

---

(1) C. H. Gilbert, *The Ichthyological Collections of the steamer « Albatross » during the years 1890 and 1891*. U. S. Commission of Fish and Fisheries. Part XIX. Report of the Commissioner for 1893. Washington, 1895, p. 458.

(2) L. Dollo, *Sur la Phylogénie des Dipneustes*. Bull. Soc. belg. Géol., vol. IX, 1895, p. 96.

C'est un cas de géphyrocercie homocercique, provenant de l'évolution régressive d'une queue homocerque, et qui s'est produit lorsque les ancêtres des *Macruridæ*, quittant la vie active au sein de l'eau pour s'adapter à la vie de fond (1), échangèrent leur queue en éventail contre une queue en pointe.

La chose est certaine, pour trois raisons :

1. Les *Anacanthiniens*, auxquels appartiennent les *Macruridæ*, sont des sortes d'*Acanthoptérygiens transformés* (2), comme le montrent les épines dorsales et

---

(1) « Immense numbers of individuals, with the fact of remaining on or near the bottom, sufficiently account for frequency of capture. » S. Garman, *The Fishes*, etc., p. 192.

(2) L'absence d'une nageoire dorsale épineuse chez la plupart des *Anacanthiniens* ne prouve rien contre cette origine.

Car un Téléostéen qui manque de cette nageoire peut ne pas l'avoir parce qu'elle n'a pas encore fait son apparition (*Physostomes*). Mais il peut aussi en être privé parce qu'il l'a perdue (Exemple : *Fistularia*, comme l'établit la série : *Auliscops, Aulostoma, Fistularia*. — A. Günther. *An Introduction to the Study of Fishes*. Édimbourg, 1880, p. 508).

Ce dernier cas serait celui de presque tous les *Anacanthiniens*, ce que confirme la structure de *Galopsis*, chez qui la nageoire dorsale épineuse n'a pas disparu.

C'est là ce que E. D. Cope (*The Origin of the Fittest*, New-York, 1887, p. 329) avait très bien exprimé en faisant descendre les Anacanthiniens des Percomorphes.

Toutefois, le célèbre paléontologiste américain n'avait pas compris la nature de la queue des *Macruridæ*, qu'il considérait comme primitive (à tort, ainsi que je viens de le montrer) et qu'il appelait, tantôt isocerque (E. D. Cope, *Observations on the Systematic Relations of the Fishes*. Proc. Amer. Assoc. Adv. Sc. 1871, pp. 329 et 341), tantôt protocerque (E. D. Cope, *The Origin*, etc., p. 328).

anales de *Gadopsis* (1), la vessie natatoire absente ou close, les nageoires ventrales jugulaires ou thoraciques, le prémaxillaire bordant seul l'orifice buccal vers le haut, etc.

Ils dérivent, dès lors, sûrement, de types homocerques, et, ainsi, leur queue, quand elle est étirée en pointe, ne saurait être que secondairement diphycerque, c'est-à-dire géphyrocerque.

2. *Embryologiquement* (2), la queue des Anacanthiniens passe par les phases diphycerque (vraie), hétérocerque, homocerque, et, à cause de cela, la queue symétrique définitive de ces Poissons ne l'est que secondairement : en d'autres termes, elle est géphyrocerque.

3. Lors de la *régénération* qui suit la mutilation de l'extrémité de la queue des espèces du genre *Macrurus*, c'est une queue homocerque tronquée et réduite qui apparaît (3), et non la queue actuelle qui se reproduit.

---

(1) J. Richardson, *Fishes*. Voyage of H. M. S. Erebus and Terror. Zoology, Part VII, 1848, p. 122.

— A. Günther, *Catalogue of the Fishes in the British Museum*, vol. IV, Londres, 1862, p. 318.

(2) A. Agassiz, *On the Young Stages of some Osseous Fishes*. Proc. Amer. Acad. Arts & Sc., vol. XIII, 1877, p. 117.

(3) « In several specimens the tail has been mutilated at an early stage of growth, and in such cases the truncated stump is surrounded by a rayed fin, very much of the same appearance as the caudal fin of the ordinary Teleostean type. » A. Günther, *Deep-Sea Fishes*, etc., p. 132.

— R. Collett, *Poissons provenant des campagnes du yacht l'« Hirondelle »*. Résultats des campagnes scientifiques du prince de Monaco, vol. X, 1896, pp. 70 et 71.

Or, nous devons regarder cette queue homocerque comme une queue ancestrale, car, chez les Lézards (1), c'est la queue ancestrale, et non la queue actuelle, qui remplace la partie enlevée quand se fait la réparation.

A ce point de vue, également, la queue soi-disant diphycerque des *Macruridæ* sort d'une queue homocerque : c'est bien, par conséquent, un cas de géphyrocercie homocercique.

Les considérations ci-dessus prouvent que, dans l'appréciation de la valeur morphologique des organes, il faut tenir grand compte de leur *Évolution régressive* (2), — autant que de leur *Évolution progressive*.

Et, — de même qu'une *queue* diphycerque peut ne l'être que secondairement (ce qu'on reconnaîtra toujours

---

(1) « ... the aberrant scaling of the reproduced tail is a reversion to an ancestral form. » G. A. Boulenger, *On the Scaling of the Reproduced Tail in Lizards*. Proc. Zool. Soc. London, 1888, p. 351.

(2) Il n'y a pas d'*Évolution régressive des Organismes*, mais seulement une *Évolution régressive des Organes*.

L'évolution d'un Organisme n'est, en effet, ni progressive ni régressive : c'est une suite d'*Adaptations*.

Dans ces adaptations, certains Organes prennent un rôle prépondérant (évolution progressive); d'autres s'atrophient (évolution régressive).

Sur l'*Évolution régressive*, voir :

— A. Dohrn, *Der Ursprung der Wirbelthiere und das Princip des Functionswechsels*. Leipzig, 1875.

— E. Ray Lankester, *Degeneration, a Chapter in Darwinism*. Londres, 1880.

— J. Demoor, J. Massart et E. Vandervelde, *L'Évolution régressive*. Paris, 1897.

à des traces de l'état hétérocerque ou homocerque qui a précédé la géphyrocercie, traces qui, à cause de l'*Irréversibilité de l'Évolution* (1), ne disparaissent jamais complètement), — de même, les *écailles* inermes de plusieurs espèces du genre *Macrurus* ne sont pas nécessairement des écailles cycloïdes primitives, mais les crêtes que portent certaines d'entre elles semblent indiquer, au contraire, qu'on est là en présence de traces (Irréversibilité) de l'armature épineuse atrophiée, et que ces écailles inermes ne le sont aussi que secondairement.

Quoi qu'il en soit, je ne puis m'étendre davantage, ici, sur ce sujet.

---

(1) L. Dollo, *Les lois de l'Évolution*. Bull. Soc. belg. Géol., vol. VII, 1893, p. 164.

La réversibilité pour un *Organisme* est chose inconnue : on ne voit jamais, au cours des âges géologiques, une espèce reprendre, identiquement, une forme antérieure, après l'avoir abandonnée depuis plus ou moins longtemps.

Et je ne connais pas de cas où il serait véritablement démontré qu'un *Organe* puisse, lui non plus, reprendre, identiquement, une forme antérieure, mais, d'après ce que je sais, il garde toujours des traces de son passé immédiat, qui permettent, facilement ou non, de distinguer sa forme secondaire de sa forme primitive.

L'*Irréversibilité de l'Évolution* n'est pas le résultat de ma seule expérience.

« Meyrick, à la suite de ses études sur les Microlépidoptères, et Dollo, se fondant sur la Paléontologie des Vertébrés », dit M. A. Lameere, professeur à l'Université de Bruxelles, « sont arrivés, en effet, indépendamment, à découvrir une loi d'une importance capitale pour la classification généalogique des organismes, loi se confirmant de jour en jour, la loi de l'irréversibilité de l'évolution, d'après laquelle un organe disparu ne se remontre jamais, et un organe perfectionné ne revient pas à un stade simple antérieur. » — A. Lameere, *La raison d'être des métamorphoses chez les Insectes*. Ann. Soc. entom. Belg., vol. XLIII, 1899, p. 627.

VII. — Rapports phylogéniques.

C'est du *Macrurus affinis* que le *Macrurus Lecointei* se rapproche le plus.

Et il est facile d'énumérer les transformations principales que la première de ces espèces a pu subir pour donner naissance à la deuxième.

Si l'on suppose une diminution de la fente buccale, l'acquisition des trois saillies du museau (dont le *M. affinis* montre déjà des indications), le rétrécissement de l'espace interorbitaire, le développement de la membrane orbitaire, la quasi-disparition des écailles du préopercule, la régression de l'armature épineuse des écailles, l'allongement des rayons de la nageoire caudale, la réduction du nombre des rayons de la première nageoire dorsale, le recul de l'origine de la deuxième nageoire dorsale dans le sens cranio-caudal, — toutes modifications familières chez les Téléostéens, — on voit le *M. Lecointei* sortir du *M. affinis*, et il est assez probable que les choses se sont passées ainsi dans la nature.

En d'autres termes, le *M. Lecointei* paraît être un *M. affinis* spécialisé.

On pourrait être tenté de comparer plus particulièrement, en ce qui concerne la parenté, le *M. Lecointei* au *M. serrulatus* (1) (à cause des trois saillies du museau), ou au *M. filicauda* (2) (à cause de son habitat antarctique).

---

(1) A. Günther, *Deep-Sea Fishes*, etc., p. 133.

(2) A. Günther, *Deep-Sea Fishes*, etc., p. 141.

Mais le *M. Lecointei* ne saurait provenir du *M. serrulatus,* qui est moins primitif que lui pour la position de l'anus; et l'inverse ne saurait pas avoir lieu non plus, car le *M. serrulatus* est plus primitif que le *M. Lecointei* pour la dentition.

De même, le *M. Lecointei* ne saurait provenir du *M. filicauda,* qui est moins primitif que lui pour l'écaillure; et l'inverse ne saurait pas avoir lieu non plus, car le *M. filicauda* est plus primitif que le *M. Lecointei* pour la dentition.

Nouveaux exemples du *Chevauchement des Spécialisations* (1) dans l'Évolution des Organismes.

VIII. — Distribution géographique.

Avant l'Expédition Antarctique belge, les espèces les plus australes du genre *Macrurus* étaient le *M. armatus* et le *M. filicauda,* recueillis, l'un et l'autre, par le *Challenger,* en deçà du 55° Lat. S., — donc, en deçà du Cercle polaire Antarctique.

Aujourd'hui, l'espèce la plus australe est le *M. Lecointei,* capturée au delà du 70° Lat. S., — donc, au delà du Cercle polaire Antarctique, — et c'est au voyage de la *Belgica* que nous devons ce résultat.

L'espèce la plus voisine du *M. Lecointei,* le *M. affinis,* a été trouvée à l'Est du Rio de la Plata, de façon que, si, selon toute vraisemblance, la première dérive de la seconde, nous sommes encore, ici, en présence d'une migration vers le Pôle Sud.

---

(1) L. Dollo, *Phylogénie des Dipneustes,* etc., p. 88.

L'*Erebus* et la *Terror* ont, de leur côté, découvert une espèce du genre *Macrurus*, le *M. denticulatus* (1), mais ce n'est pas une espèce antarctique : elle est originaire de la Nouvelle-Zélande et des Iles Kermadec.

Si, maintenant, nous tournons les yeux vers le Nord, nous constatons que l'on ne connaît, actuellement, qu'une seule espèce du genre *Macrurus*, le *M. Fabricii* (2), à l'intérieur du Cercle polaire Arctique.

D'après M. A. Günther, Conservateur honoraire au British Museum, elle provient du Finmark, mais l'éminent ichthyologiste anglais n'indique ni localité ni profondeur; de sorte que, à en juger par son ouvrage sur les Poissons du *Challenger*, l'espèce antarctique est mieux déterminée que l'espèce arctique, quant aux données géographiques et bathymétriques.

Chose remarquable, ni le *Vöringen* (3), ni le *Willem Barents* (4), ni la *Dijmphna* (5), ni l'*Ingolf* (6), qui ont pourtant pénétré à l'intérieur du Cercle polaire Arctique, n'en ont ramené aucune espèce du genre *Macrurus*.

Et, cependant, l'*Ingolf* en a pris cinq espèces, à l'Est

---

(1) J. Richardson, *Fishes*, etc. Part XII, 1846, p. 53.

— A. Günther, *Deep-Sea Fishes*, etc., p. 147.

(2) A. Günther, *Deep-Sea Fishes*, etc., p. 130.

(3) R. Collett, *Fiske*. Den norske Nordhavsexpedition 1876-1878, Christiania, 1880.

(4) A. A. W. Hubrecht, *List of Fishes collected during the two cruises of the Willem Barents 1878-1879*. Niederländ. Archiv f. Zoologie, Supplementband I, 1882.

(5) C. F Lütken, *Et Bidrag til Kundskab om Kara-Havets Fiske*. Dijmphna-Togtets zoologisk-botaniske Udbytte, Copenhague, 1887.

(6) C. Lütken, *The Ichthyological Results*. The Danish Ingolf-Expedition, Copenhague, 1899.

et à l'Ouest du Groenland, mais toujours en dehors du Cercle polaire Arctique.

Comparé au *M. Lecointei*, le *M. Fabricii* est un type moins spécialisé, pour ce qui touche à la dentition, à l'armature des écailles et à la position de l'anus.

IX. — Distribution bathymétrique.

L'espèce du genre *Macrurus* qui a été pêchée à la moindre profondeur est le *M. fasciatus*, recueilli par le *Challenger*, au large de la côte orientale de l'Amérique du Sud, de 40 à 245 fathoms (1).

L'espèce du genre *Macrurus* qui a été pêchée à la plus grande profondeur est le *M. filicauda*, recueilli par le *Challenger*, dans l'Atlantique austral et dans le Pacifique austral, de 1375 à 2650 fathoms (2).

Les espèces du genre *Macrurus* oscillent donc, dans leur distribution bathymétrique, entre 73^{m},16 et 4846^{m},85.

Le *M. Lecointei* ne sort pas de ces limites, puisqu'il a été capturé à 2,800 mètres de profondeur. Mais il peut être considéré comme une espèce des plus abyssales, puisque ce chiffre est supérieur à la profondeur minimum à laquelle l'espèce la plus abyssale a été prise. Rien n'interdit même de penser qu'il peut descendre aussi bas que cette dernière.

Ce qui est encore rendu probable par le fait que l'espèce la plus voisine du *M. Lecointei*, le *M. affinis*,

---

(1) S. Garman, *The Fishes*, etc., p. 397.

(2) S. Garman, *The Fishes*, etc., p. 396.

a été remontée de 1900 fathoms de profondeur, soit 3475m,10 (1).

Quant au *M. denticulatus*, de l'*Erebus* et de la *Terror*, il ne va que de 275 fathoms à 520 fathoms, ou de 502m,975 à 951m,08 (2).

Enfin, le *Macrurus* arctique (*M. Fabricii*), d'après les éléments recueillis en dehors du Cercle polaire Arctique, se rencontre entre 318 et 1870 fathoms, ou de 581m,622 à 3420m,23 (3).

Ici se termine ce que j'ai à dire, dans ces communications préliminaires, des *Poissons de l'Antarctique* capturés par la *Belgica*.

Car, en dehors des formes nouvelles que j'ai décrites, les matériaux qui m'ont été confiés ne renferment plus que des documents indéterminables, dont voici l'énumération :

N° 423 — OEuf de Chondroptérygien, pris au Faubert VI, le 28 mai 1898, par 71°24' Lat. S et 87°35' Long. W.

N° 595. — OEuf de Chondroptérygien, pris au Faubert VII, le 8 octobre 1898, par 70°25' Lat. S. et 82°47' Long. W.

N° 821. — Vertèbre de Téléostéen, prise au Faubert X, le 20 décembre 1898, par 70°15' Lat. S. et 84°06' Long. W., à 569 mètres de profondeur, avec une température du fond de + 0°,8.

N° 822. — OEuf de Chondroptérygien, pris au Fau-

---

(1) S. Garman, *The Fishes*, etc., p. 395.

(2) S. Garman, *The Fishes*, etc., p. 395.

(3) S. Garman, *The Fishes*, etc., p. 396. — *M. berglax*.

bert X, le 20 décembre 1898, par 70°15′ Lat. S. et 84°06′ Long. W., à 569 mètres de profondeur, avec une température du fond de + 0°,8.

N'est-il pas curieux que, sur cinq Poissons ramenés de l'Antarctique, tous soient des Poissons osseux, alors que, dans les quatre pièces que je viens de mentionner, nous avons trois œufs de Poissons cartilagineux pris dans les mêmes régions ?

Quoi qu'il en soit, l'Académie a pu voir que tous les Poissons rapportés de l'Antarctique par l'Exploration du commandant de Gerlache étaient inconnus auparavant, et qu'ils représentent des types intéressants.

Le pays peut donc se féliciter d'avoir, en cette occasion, contribué, d'une manière honorable, au progrès des études ichthyologiques.

Il me restera, maintenant, à examiner les *Poissons de la Terre de Feu* recueillis par l'Expédition Antarctique belge, Poissons qui, dès à présent, sont complètement nommés.

—

Sur l'albumine du sérum de bœuf; par M. Hougardy.

Halliburton, dans son travail *The Proteids of serum* (1), a étudié l'action de la chaleur sur l'albumine et la globuline extraites du sérum sanguin de différents animaux.

En opérant sur des solutions contenant toujours la même quantité d'acide et par le procédé des coagulations fractionnées, il est arrivé à la conclusion qu'il y aurait,

(1) *Journal of Physiology,* vol. V, pp. 152-194.

dans le sérum de la plupart des mammifères, une globuline unique et trois albumines. Celles-ci, qu'il appelle α, β et γ, coaguleraient aux températures suivantes : α vers 70°, β vers 77°, γ entre 82° et 84°.

Le sang des ongulés ne contiendrait que les albumines β et γ.

Beaucoup d'auteurs contestant le procédé suivi par le physiologiste anglais et aussi les résultats que cette méthode lui a fournis, j'ai cherché à séparer les deux albumines signalées par Halliburton dans le sérum sanguin du bœuf.

Cette séparation ne pouvait être tentée par des coagulations fractionnées, attendu que :

1° La valeur de ce procédé est contestée;

2° Cette méthode ne permet d'obtenir que l'albumine coagulant à la température la plus élevée;

3° L'action de la chaleur peut modifier certaines propriétés de l'albumine, notamment son pouvoir rotatoire.

Pour ces raisons, la séparation des deux substances a été tentée par la précipitation au moyen du Am^2SO^4 déjà employé dans ce but par les élèves de Hofmeister.

La première opération a consisté à reconnaître s'il existe une lacune entre la précipitation des deux albumines précitées.

Conditions des expériences.

Je fais à froid une solution saturée de sulfate ammonique de densité 1,246 contenant 43 grammes de sel pour 100 grammes de solution; puis une solution demi-saturée de Am^2SO^4 en ajoutant à un volume donné de

solution saturée un égal volume d'eau distillée. Cette nouvelle solution a une densité de 1,140.

L'albumine destinée aux manipulations était contenue dans le filtrat de sérum de bœuf débarrassé de sa globuline par demi-saturation au moyen de Am^2SO^4.

Suivant alors le procédé indiqué par Pick dans *Untersuchungen über die Proteinstoffe* (1), j'introduis dans une série de tubes à réaction 2 centimètres cubes de solution d'albumine. On ajoute alors à cette solution d'albumine, de la solution saturée de Am^2SO^4 et de la solution demi-saturée du même sel de façon à obtenir un volume total de 10 centimètres cubes. Les quantités de solution saturée croissent d'un tube à l'autre de $0^{cc},2$, celles de solution demi-saturée diminuant de la même quantité.

Après quarante-huit heures, les tubes, dont le contenu est troublé, sont filtrés dans une chambre humide, de façon à empêcher l'évaporation et la concentration qui en résulteraient. Le filtrat reçoit $0^{cc},2$ de solution saturée de sulfate ammonique. S'il y a une lacune entre la précipitation des deux albumines supposées, il est probable que certains tubes resteraient clairs après nouvelle adjonction de Am^2SO^4. Or il n'en est rien. Tous les tubes qui n'avaient pas déjà reçu la quantité de sel nécessaire pour amener la précipitation totale de l'albumine se troublent à nouveau.

S'il y a deux albumines, la fin de la précipitation de l'une doit donc se faire alors que la précipitation de l'autre a déjà atteint une certaine importance. Il semble

---

(1) *Zeitschrift f. physiol. Chemie*, XXIV, 1897, p. 246.

même que, à partir d'une concentration déterminée, le précipité soit aussi abondant dans tous les tubes ; ce qui ne permet guère de traduire graphiquement la marche de la précipitation.

Il résulte cependant de ces expériences que la limite inférieure de précipitation de l'albumine totale du sérum de bœuf (dans les conditions ci-dessus décrites) correspond à une teneur en sel de 39gr,86 de Am^2SO^4 pour 100 grammes d'eau ; et la limite supérieure à une teneur de 56gr,25 de ce sel pour 100 grammes d'eau.

G. Kauder (1) avait déjà déterminé ces limites pour l'albumine du bœuf. Il trouva que la limite inférieure de précipitation de l'albumine correspond à 33gr,55 de Am^2SO^4 pour 100 centimètres cubes de solution ; et la limite supérieure à 47gr,18 pour 100 centimètres cubes de solution. Si l'on réduit les résultats obtenus par nous, de façon à les comparer à ceux de Kauder, on voit que la limite inférieure correspondrait à 33gr,06 pour 100 centimètres cubes de solution, et à 43gr,41 pour 100 centimètres cubes de solution en ce qui concerne la limite supérieure. Il y a donc une différence assez notable entre la limite supérieure trouvée par Kauder et celle trouvée par nous. Quant aux conclusions de son travail, Kauder admet l'homogénéité de la globuline et croit au contraire à l'existence de plusieurs albumines. Ces conclusions se basent sur le résultat de coagulations fractionnées. Suivent les résultats des expériences dont les conditions ont été énoncées plus haut :

---

(1) *Archiv f. exper. Path. u. Pharmak.*, XX, 1886, pp. 411 à 425.

Tableau I.

	Solution demi-saturée Am^2SO^4 cc.	Solution saturée Am^2SO^4 cc.	ACTION produite.	Après addition de 0cc,2 de solution saturée Am^2SO^4 au filtrat.	REMARQUES.
2 centimètres cubes de solution d'albumine.	7,0	1,0	Rien.	Rien.	
	6,8	1,2	»	»	
	6,6	1,4	»	»	
	6,4	1,6	»	»	
	6,2	1,8	»	»	
	6,0	2,0	»	»	
	5,8	2,2	»	»	
	5,6	2,4	Opalesc.	Opalesc.	Limite inférieure.
	5,4	2,6	»	»	
	5,2	2,8	»	»	
	5,0	3,0	»	Précipité.	
	4,8	3,2	Précipité.	»	
	4,6	3,4	»	»	
	4,4	3,6	»	»	
	4,2	3,8	»	»	
	4,0	4,0	»	»	
	3,8	4,2	»	»	
	3,6	4,4	»	»	
	3,4	4,6	»	»	
	3,2	4,8	»	»	
	3,0	5,0	»	»	
	2,8	5,2	»	»	
	2,6	5,4	»	»	
	2,4	5,6	»	Rien.	Léger trouble à l'ébullition.
	2,2	5,8	»	»	
	2,0	6,0	»	»	Rien à l'ébullition (limite supérieure).
	1,8	6,2	»	»	
	1,6	6,4	»	»	
	1,4	6,6	»	»	
	1,2	6,8	»	»	

Points de coagulation et pouvoir rotatoire.

La méthode des précipitations fractionnées suivant Hofmeister et ses élèves n'ayant été d'aucun secours en vue d'obtenir une séparation des deux albumines contenues éventuellement dans le sérum du sang de bœuf, nous avons essayé un autre procédé.

Les opérations précédentes avaient fait connaître les quantités de sulfate ammonique nécessaires pour atteindre les limites supérieure et inférieure de précipitation de l'albumine totale. Ces limites correspondaient à 39gr,86 de sel pour 100 grammes d'eau (limite inférieure) et à 56gr,25 de sel pour 100 grammes d'eau (limite supérieure); soit une différence de 16gr,39.

On peut, en divisant par 3 cette différence, faire des concentrations de

$$39,86 + 5,463 = 45,323$$
$$45,323 + 5,463 = 50,786$$

Donc, si dans une solution d'albumine on fait une concentration de 45,323 environ, on obtient un précipité qu'on recueille.

Dans le filtrat, on porte la concentration à 50,786 pour 100 grammes d'eau; ce qui fournit un nouveau précipité. Le nouveau filtrat reçoit le sulfate ammonique nécessaire à amener la précipitation de ce qui reste en solution.

Voilà donc l'albumine totale divisée en trois portions I, II, III, que l'on redissout dans l'eau et sur lesquelles

on peut opérer comme sur l'albumine totale, c'est-à-dire ajouter à leurs solutions exactement les mêmes quantités de sulfate ammonique qui avaient déterminé le premier fractionnement. Chacune des trois fractions est elle-même ainsi divisée en trois portions secondaires : I*a*, I*b*, I*c*, etc.

L'albumine totale est donc représentée par neuf portions dont on peut étudier les propriétés.

Voici la marche des opérations :

On part du sérum débarrassé de globuline par demi-saturation au moyen de Am^2SO^4 en solution saturée.

On détermine sa teneur en albumine par coagulation par la chaleur avec addition à l'ébullition de quelques gouttes d'acide acétique dilué.

Le filtrat dilué par les eaux de lavage sert à une détermination de Am^2SO^4 précipité par $BaCl_2$; on pèse $BaSO^4$.

Une autre portion de la solution albumineuse sert au dosage de l'eau par perte de poids après évaporation à siccité complète.

Connaissant ainsi la teneur en eau de la solution, sa richesse en albumine et en Am^2SO^4, on peut calculer le poids de Am^2SO^4 qu'il faut y ajouter pour précipiter le premier tiers.

Cela fait, on filtre après deux jours, on répète dans le filtrat les dosages d'eau, d'albumine et de sulfate ammonique; puis on ajoute le sel nécessaire à la précipitation du deuxième tiers, etc. Les trois portions débarrassées par expression de la plus grande partie des eaux mères sont redissoutes dans l'eau. Une partie de ces solutions est réservée pour l'examen des points de coagulation et du pouvoir rotatoire.

Le reste est soumis à un fractionnement en trois parties suivant la modalité indiquée plus haut. En fait, le fractionnement n'a porté que sur les deux premières portions primaires, la troisième étant trop peu abondante. Il y eut donc réellement sept portions et non pas neuf. L'importance respective des différentes fractions obtenues est indiquée dans le tableau II ci-dessous :

TABLEAU II.

I = 26gr,3	soit	38 °/o	De l'albumine totale = 69 grammes.
II = 31gr,1	soit	49 °/o	
III = 8gr,6	soit	12 °/o	
I*a* = 7gr,3	ou	33 °/o	En tout 21gr,8
I*b* = 9gr,1	ou	41 °/o	
I*c* = 5gr,4	ou	25 °/o	
II*a* = 9gr,7	ou	32 °/o	En tout 29gr,9
II*b* = 12gr,6	ou	42 °/o	
II*c* = 7gr,6	ou	25 °/o	

Une fois en possession de ces différentes portions redissoutes, on peut procéder aux déterminations nécessaires pour connaître les points de coagulation et les pouvoirs rotatoires.

Les solutions soumises à la coagulation contenaient toutes 1,5 °/o à 2 °/o d'albumine; 2 °/o à 3 °/o de Am^2SO^4.

La marche de la température est réglée de façon qu'il faille trente minutes environ pour passer de la tempéra-

ture de 18° à celle de 70°. Une fois l'opalescence obtenue, la température de coagulation est maintenue pendant quinze minutes.

Au moment où les tubes étaient mis au bain d'eau pour subir une première coagulation, les solutions étaient neutres. Je ne les acidulais pas pour éviter le dosage d'acide dans des solutions d'albumine, ce qui n'est pas chose très aisée.

Après une première coagulation, la solution est filtrée; le filtrat est remis au bain d'eau sans addition d'acide. Dans ces conditions, j'ai obtenu une première coagulation vers 72°; souvent une seconde coagulation à cette même température ou à une température très voisine. La dernière coagulation s'est faite toujours à 79° ou 80°.

Comme on le voit, des précautions multiples ont été prises pour que les opérations se fissent toujours dans les mêmes conditions. Ces précautions n'étaient pas inutiles, ainsi que le montreront les résultats d'expériences faites dans des conditions peu différentes cependant.

Quant aux solutions qui ont servi à déterminer les pouvoirs rotatoires, elles étaient neutres également; mais leurs concentrations en albumine ont varié dans des limites plus larges.

Les tableaux III et IV qui suivent, contiennent les points de coagulation ainsi que les pouvoirs rotatoires trouvés pour les différentes fractions. Les pouvoirs rotatoires ont été déterminés au polarimètre Laurent et dans des tubes de 10 c.

TABLEAU III. — *Points de coagulation.*

DÉSIGNATION de la substance coagulée.	TEMPÉRATURE initiale.	TEMPÉRATURE de coagulation.	Temps nécessaire pour passer de la température initiale à la température de coagulation.	LA température de coagulation a été maintenue pendant:
I	17°	72°	29′	15′
	18	72	30	15
	18	80	40	15
II.	16	72	35	15
	18	72	28	15
	19	79	30	15
III	17	72	33	15
	18	73	30	15
	20	80	35	25
I*a*	15	71	31	15
	15	72	33	15
	17	72	?	15
	18	80	37	15
I*b*	15	72	33	30
	15	80	40	15
	18	80	36	15
I*c*	19	73	27	15
	16	76	39	20
	16	79	42	15
II*a*	11	72	45	15
	12	73	43	15
	14	80	45	15
	14	80	46	15
II*b*	16	73	36	15
	16	79	42	15
	16	80	44	15
II*c*	16	72	35	»
	17	80	42	»

TABLEAU IV. — *Pouvoirs rotatoires.*

Substance examinée.	Déviation observée.	Pour cent d'albumine en solution.	Pouvoir rotatoire.	*REMARQUE.*
I	1°23′	2,15	64°25′	Il ressort de ce tableau que les différentes fractions recueillies par précipitations successives au moyen de Am^2SO^4 sont identiques quant à leur action sur le plan de polarisation. Ce pouvoir polarisant serait donc compris entre 63° et 65°.
II	2°3′	3,18	64°14′	
III	3°1′	4,65	64°52′	
I*a*	1°33′	2,45	63°16′	
I*b*	1°14′	1,79	68°54′	
I*c*	0°54′	1,41	63°36′	
II*a*	2°8′	3,36	63°15′	
II*b*	2°30′	3,88	64°25′	
II*c*	1°50′	2,87	63°53′	

Conclusions.

De ces essais résultent les conclusions suivantes :

1° Quand, par addition progressive de sulfate ammonique, on divise en trois fractions l'albumine du sérum de bœuf, les fractions obtenues ne se différencient ni par leur pouvoir rotatoire ni par leurs points de coagulation ;

2° Les deux premières fractions, traitées par Am^2SO^4 aux mêmes concentrations que l'albumine totale, donnent un nouveau fractionnement, dont les diverses parties ont à peu près la même importance relative que les trois

portions primaires. Il semble donc que les différentes fractions ne se différencient pas non plus entre elles par leur solubilité dans les solutions de Am^2SO^4;

3° Vis-à-vis de la chaleur et du plan de polarisation, les portions secondaires se comportent comme les portions primaires.

Le sulfate ammonique ne fait donc apparaître aucune hétérogénéité dans l'albumine du sérum de bœuf. Vis-à-vis de ce réactif, l'albumine se comporte comme une substance unique et non comme un mélange.

Ainsi que cela a été dit plus haut, Halliburton, se basant sur l'étude des points de coagulation, croit pouvoir admettre chez le bœuf l'existence de deux albumines coagulant à des températures bien déterminées. Ces deux points de coagulation, nous les avons retrouvés. Si réellement ils correspondent à deux albumines différentes, il faut admettre l'identité de solubilité de ces albumines dans les solutions de Am^2SO^4; sinon, on doit renoncer à la division du physiologiste anglais, basée exclusivement sur la détermination du point de coagulation.

La valeur de ce procédé a été trop contestée (Duclaux, Haycraft, etc.) pour qu'on puisse baser sur lui seul une différenciation des albumines. Si l'on opère dans des conditions toujours les mêmes, on peut tirer des points de coagulation de solutions albumineuses, des renseignements utiles : c'est ainsi que la façon sensiblement égale dont se sont comportées vis-à-vis de la chaleur toutes les fractions que j'ai étudiées, plaide en faveur de l'identité chimique de ces parties. Il serait beaucoup moins légitime de conclure à l'existence dans chaque fraction de deux albumines différentes en se basant sur les deux points de coagulation observés.

C'est ce que démontrent, du reste, les expériences suivantes :

1° Des échantillons d'albumine, qui avaient fourni les points de coagulation 72° et 80° dans les circonstances précédemment énoncées, ont donné une coagulation unique et totale à 65° quand cette température était maintenue pendant un minimum de cinq à six heures;

2° Si les tubes étaient retirés après la troisième heure ou la quatrième heure, il restait dans le filtrat une faible quantité d'albumine coagulant à 80° ou 81°;

3° Une solution neutre d'albumine contenant exactement 3 % de sulfate ammonique subit une première coagulation à 72°. On filtre; puis, par addition d'une quantité suffisante de Am^2SO^4, l'albumine du filtrat est précipitée en totalité. Ce précipité est redissous dans une certaine quantité d'eau, de façon que la nouvelle solution contienne encore exactement 3 % de sel; on vérifie que la solution est neutre, puis on soumet à une nouvelle coagulation qui se fait encore à 72°. On fait une troisième coagulation en opérant de la même façon que sur le premier filtrat. Cette dernière coagulation a été obtenue à 71°. Après cette coagulation, il n'y avait plus d'albumine dans le filtrat.

En plaçant une solution identique dans les conditions indiquées avant le tableau III, les points de coagulation étaient 71° et 79°.

(Travail de l'Institut de physiologie
de l'Université de Liége.)

—

Sur quelques dérivés fluorés du toluol (deuxième communication); par Fréd. Swarts, répétiteur de chimie générale à l'Université de Gand.

J'ai décrit, dans une précédente communication (*), l'action du fluorure d'antimoine sur le chloroforme benzoïque. J'ai montré que quand on chauffe un excès de ce dernier corps avec du fluorure d'antimoine, il se produit un mélange de trifluortoluol et de difluorchlortoluol, le premier se trouvant en quantité plus forte que le second. J'ai mentionné que les rendements relatifs variaient un peu suivant les circonstances. A chaud, ce rendement relatif en trifluortoluol est maximum, car le difluorchlortoluol et le chloroforme benzoïque sont résinifiés en partie par le trichlorure d'antimoine formé. La préparation du difluorchlortoluol par ce procédé n'étant pas fort rémunératrice, j'ai cherché à obtenir des rendements meilleurs. J'ai reconnu qu'à la température ordinaire le fluorure d'antimoine réagit aussi sur le chloroforme benzoïque, mais avec une grande lenteur, en fournissant des rendements presque théoriques en difluorchlortoluol.

(*) *Sur quelques dérivés fluorés du toluol* (première communication). [BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXXV, n° 4, pp. 375-420, 1898.]

Si l'on ajoute à trois molécules de trichlortoluol deux molécules de fluorure d'antimoine, on constate que celui-ci se dissout peu à peu; le liquide, incolore au début, prend peu à peu une teinte verdâtre. Le verre ne reste pas un temps aussi long au contact du fluorure d'antimoine sans subir une corrosion; il se forme du fluorure de silicium. J'opère donc dans un flacon à parois assez épaisses et dont le bouchon porte un tube à chlorure de calcium, pour permettre le dégagement de fluorure de silicium et empêcher la rentrée de la vapeur d'eau, ce qui est indispensable. J'agite de temps à autre le flacon.

Vers la fin de l'opération, le trichlorure d'antimoine formé ne peut rester dissous et cristallise en partie, recouvrant le fluorure d'antimoine restant; il se forme ainsi une croûte cristalline qui rendrait les contacts impossibles et qu'il faut briser à l'aide d'une tringle de cuivre. Cette manipulation doit être faite de temps à autre.

Pour vérifier si la réaction est terminée, on décante le liquide, on prélève un peu du dépôt cristallin et l'on s'assure s'il se dissout complètement dans le benzol chaud.

S'il en est ainsi, le fluorure d'antimoine a disparu, ce sel étant insoluble dans le benzol. Quand il reste du fluorure d'antimoine, on le remet en contact avec le liquide. On peut, avant de reverser le liquide sur les cristaux, débarrasser ceux-ci du trichlorure d'antimoine en les épuisant à chaud par le benzol ou le chloroforme, mais je n'ai pas reconnu grand avantage à cette opération.

Après quinze jours, la réaction est en général terminée. Le produit est lavé à l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, puis à l'acide tartrique, à la soude, à l'eau et finalement séché et rectifié. La quantité de trifluortoluol formé est très faible. 350 grammes de chloroforme benzoïque, traités comme je viens de l'indiquer, m'ont donné 10 grammes de produit distillant au-dessous de 120°, pour 200 grammes de difluorchlortoluol (point d'ébullition 142°,5). Au-dessus de 145°, le thermomètre monte lentement à 195°, sans qu'il soit possible, à une première rectification, de séparer un corps à point d'ébullition constant dans le liquide qui distille entre ces limites de température. Au-dessus de 195°, il passe un peu de chloroforme benzoïque inaltéré.

L'ascension lente du thermomètre entre 145° et 200° m'a fait supposer qu'un corps à point d'ébullition intermédiaire entre celui du trichlortoluol et du difluorchlortoluol devait distiller entre ces deux températures. Les premiers essais de rectification que je fis ne me permirent de rien isoler. En réunissant le liquide bouillant de 145° à 200° provenant de plusieurs opérations, en le fractionnant plusieurs fois et séparant de 10° en 10°, je parvins à recueillir une portion plus importante, bouillant de 175° à 185°, températures entre lesquelles le thermomètre ne se meut qu'avec une grande lenteur. De ce distillat, soigneusement rectifié, j'ai isolé trois portions passant de 178° à 180°, de 180° à 182°, de 182° à 184°, que j'ai soumises à l'analyse.

Toutes trois m'ont donné des résultats analytiques se rapprochant fortement de ceux qu'eût fournis le dichlorfluortoluol; le produit pur est celui qui bout à

178° à 180°, comme le prouvent les résultats d'analyse suivants :

0gr,4678 de substance ont donné 0gr,8411 CO_2,
soit 0gr,2295 C ou 46.92 °/o,
et 0gr,1215 H_2O, soit 0gr,0135 H ou 2.88 °/o.

Calculé pour $C_6H_5 - CCl_2Fl$.		Trouvé.
H	2.80 °/o	2.88 °/o
C	47.06 °/o	46.92 °/o

Il se produit donc dans cette réaction, à côté d'une grande proportion de difluorchlortoluol, de petites quantités de trifluor- et de dichlorfluortoluol.

J'ai cherché à obtenir celui-ci en quantités plus fortes, en faisant réagir une molécule de chloroforme benzoïque sur un tiers de molécule de fluorure d'antimoine, mais sans obtenir de meilleurs rendements. J'ai obtenu encore une fois une petite quantité de trifluortoluol, un rendement presque théorique en difluorchlortoluol et une faible proportion de dichlorfluortoluol, tandis que la moitié du trichlortoluol restait inaltérée.

C'est donc la température qui a l'influence prépondérante sur le degré de substitution fluorée que l'on peut réaliser. A chaud, c'est le trifluortoluol qui se produit de préférence; à la température ordinaire, le difluorchlortoluol. Il est probable qu'à des températures inférieures à 10°, la quantité de dichlorfluortoluol formée deviendrait beaucoup plus importante. Il ne m'a pas été possible de maintenir une température suffisamment basse pendant le temps très long qu'eût exigé la réaction.

Les propriétés physiques du difluorchlortoluol ont été

données dans ma première communication. Je rappelle qu'il bout à 142°,6.

Au point de vue chimique, il diffère sensiblement du trifluortoluol. J'ai montré dans ma première communication sur les dérivés fluorés du toluol la grande résistance qu'offre le chaînon $-CFl_3$ à la plupart des agents chimiques. Le groupement CCl_2 n'est pas à beaucoup près aussi stable. Ainsi le difluorchlortoluol est attaqué par l'eau. Cette destruction est facile en tubes scellés. A 150°, après vingt-quatre heures, 5 grammes de difluorchlortoluol, chauffés avec 30 grammes d'eau, étaient complètement transformés en acides benzoïque, chlorhydrique et fluorhydrique. Il n'est même pas nécessaire d'opérer sous pression. Quand on chauffe au reflux à 100° un mélange d'eau et de difluorchlortoluol, on observe après quelques heures une formation abondante d'acide benzoïque qui cristallise par refroidissement.

Cette réaction est un phénomène d'hydrolyse : elle est en effet notablement accélérée par la présence d'ions d'hydrogène. Aussi, très lente au début, devient-elle de plus en plus rapide, à mesure que la production d'acides fluorhydrique et chlorhydrique introduit des ions d'hydrogène de plus en plus nombreux dans le milieu. L'addition préalable d'acide chlorhydrique accélère la destruction, tandis qu'en présence de soude caustique la réaction est notablement entravée.

Je me propose de revenir sur cette réaction au point de vue dynamique, quand des recherches plus complètes m'auront permis d'en établir complètement la marche au point de vue quantitatif.

L'eau agit même à froid sur le difluorchlortoluol : il est altéré par la vapeur d'eau atmosphérique, et, dans un

flacon ne fermant pas très bien, on voit le bouchon se recouvrir d'efflorescences d'acide benzoïque.

La nitration du difluorchlortoluol ne se fait pas régulièrement comme celle du trifluortoluol. Quand on fait arriver goutte à goutte le difluorchlortoluol dans de l'acide nitrique fumant, refroidi à 0°, il se produit une nitration ; mais en même temps on constate qu'il se dégage du chlore et des vapeurs nitreuses. De plus, le ballon est fortement corrodé, preuve qu'il se forme de l'acide fluorhydrique. Il y a donc attaque du chaînon $CClF_2$, soit dans le dérivé nitré formé, soit dans le difluorchlortoluol que l'on introduit.

Si l'on verse le produit de la réaction dans de l'eau glacée, il se sépare une huile plus dense que l'eau, mais en même temps on constate une précipitation très abondante de flocons blancs. Si l'on sépare l'huile précipitée et qu'on filtre les flocons, on peut laver ceux-ci et les dissoudre dans l'eau bouillante qui les dissout un peu. Par refroidissement, on obtient une cristallisation d'aiguilles blanches, solubles dans la soude caustique, et qui, soumises à des cristallisations répétées, fournissent un produit fondant à 141° et dont l'analyse conduit à la formule $C_7H_5NO_4$. C'est donc de l'acide m. nitrobenzoïque.

On peut enlever à l'huile précipitée par l'eau l'acide nitrobenzoïque qu'elle dissout en la secouant avec une solution étendue de soude caustique. Après dessiccation sur du chlorure de calcium, on obtient un liquide qui peut être distillé sans décomposition entre 225° et 235°. Par rectification, on sépare un produit pur bouillant à 230°, qui est du difluorchlornitrotoluol $C_6H_4 < \begin{matrix} CFl_2Cl \\ NO_2 \end{matrix}$.

J'en ai fait l'analyse laquelle m'a fourni les résultats suivants :

1gr,0939 de substance ont donné 1gr,6235 CO_2,
soit 0gr,44278 C ou 40.48 °/o,
et 0gr, 1965 H_2O, soit 0gr,2189 H ou 1.87 °/o.

Calculé pour $C_6H_3 < \begin{matrix} CClFl_2 \\ NO_2 \end{matrix}$		Trouvé.
C	40.43 °/o	40.48 °/o
H	1.93 °/o	1.87 °/o

Le rendement est fort médiocre : 40 grammes de difluorchlortoluol ne m'ont donné que 14 grammes de nitro-dérivé. La majeure partie du produit est perdue par transformation en acide nitrobenzoïque.

Si l'on ne prend pas soin de refroidir, le rendement est encore plus mauvais ; on peut même n'obtenir que de l'acide nitrobenzoïque si l'on opère à chaud.

Le nitrodifluorchlortoluol est un liquide incolore, insoluble dans l'eau. Sa densité est de 1.4638 à 15°, de 1.4555 à 21° ; son indice de réfraction, de 1.5043 à 21°.

La détermination de sa densité de vapeur à 183° a donné les résultats suivants :

Poids de substance.	Température.	Pression en millimètres réduite à 0°.	Volume observé.	Densité.	Poids moléculaire déduit.
0gr,0693	183°,5	152.9	64cc,7	7.26	209

Poids moléculaire théorique : 207.5.

Il est relativement stable, plus en tout cas que le difluorchlortoluol, vis-à-vis des agents qui peuvent réagir sur le chaînon $CClFl_2$. C'est ainsi que l'eau ne l'altère pas à froid. A 100°, l'attaque par l'eau est très lente, comme le prouvent les données suivantes d'une expérience :

2gr,685 de difluorchlortoluol ont été chauffés pendant quarante heures avec 30 grammes d'eau. Toutes les dix heures, j'ai dosé l'acide formé par $NaOH^n/_{10}$. Il m'a fallu en tout 19cc,8 de soude.

L'équation de décomposition étant

$$2H_2O + C_7H_5NO_2ClFl_2 = C_6H_4 - NO_2CO_2H + HCl + 2HFl,$$

les 19cc,8 de soude correspondent à 0gr,1027 de nitrodérivé détruit, soit 3.82 °/₀.

Le nitrodifluorchlortoluol n'est pas attaqué non plus par l'acide nitrique concentré, ni à froid, ni même à l'ébullition. A chaud, il se dissout, mais l'eau le reprécipite intégralement, sans qu'on puisse constater la production d'acide nitrobenzoïque. L'acide nitrique étendu est également sans action sur lui. Cette résistance à l'action de l'acide nitrique nous prouve que la formation d'acide nitrobenzoïque dans la nitration du difluorchlortoluol ne peut pas être attribuée à l'action de l'eau formée sur le nitrodifluorchlortoluol obtenu.

On sait que Beilstein et Kuhlberg (*) ont traité le trichlortoluol par l'acide nitrique fumant et n'ont obtenu que de l'acide nitrobenzoïque. Ils ont interprété cette

---

(*) Beilstein und Kuhlberg, *Ueber die isomeren Di- und Trichlortoluole* (Ann., 146, p. 317).

réaction en admettant que le dérivé nitré formé se décomposait par l'eau en acide chlorhydrique et acide nitrobenzoïque.

Les propriétés du nitrodifluorchlortoluol montrent que si cette explication est peut-être exacte pour la nitration du trichlortoluol, elle ne l'est pas pour celle du difluorchlortoluol. La formation considérable d'acide benzoïque que j'ai observée doit résulter, non pas de l'hydrolyse du nitrodifluorchlortoluol, mais de l'action de l'acide nitrique sur l'acide benzoïque formé par l'action hydrolysante des acides sur le toluol chlorofluoré.

Pour éviter cette action de l'eau sur le difluorchlortoluol, j'ai essayé d'ajouter de l'acide sulfurique concentré à l'acide nitrique; ce moyen ne m'a pas donné de résultats satisfaisants, au contraire : j'ai obtenu des rendements beaucoup moins bons. L'acide sulfurique fumant ne convient pas mieux.

Il est d'ailleurs à remarquer que l'acide sulfurique détruit les chaînons - CFl_3, $CClFl_2$, CCl_3 en les transformant en carboxyle. J'ai signalé ce phénomène pour le chaînon - CFl_3 à propos de la préparation de l'acide trifluortoluique. Le groupe $CClFl_2$ est encore plus sensible à l'action de l'acide sulfurique.

Par contre, j'ai obtenu une nitration très régulière en employant de l'acide nitrique au maximum de concentration additionné d'une quantité convenable d'anhydride phosphorique. C'est là, je crois, un agent de nitration dont l'emploi n'a pas encore été préconisé et qui pourra dans certains cas rendre de réels services. Seul, il m'a permis d'effectuer, d'une manière satisfaisante, la nitration du difluorchlor- et du dichlorfluortoluol.

J'ajoute à de l'acide nitrique fumant, refroidi à 0°, les deux cinquièmes de son poids d'anhydride phosphorique. Il se produit une réaction violente avec élévation considérable de température, due surtout à l'oxydation du phosphore que contient toujours l'anhydride phosphorique. Le liquide est ensuite refroidi à — 10° et j'y laisse couler goutte à goutte le difluorchlortoluol, en ayant soin d'agiter constamment et en évitant que la température s'élève au-dessus de — 5°. Il est nécessaire d'opérer avec un grand excès d'acide nitrique. Comme il ne se produit pas de dérivé binitré, l'emploi d'un fort excès d'acide n'a aucun inconvénient. J'ai observé que l'opération se conduit le mieux avec un poids d'acide égal à cinq fois celui du difluorchlortoluol. Le liquide doit rester presque incolore; s'il se colore, même transitoirement, en rouge, c'est un signe qu'il se produit une destruction au chaînon $CClFl_2$. Il faut alors ajouter une nouvelle quantité d'acide nitrique additionné d'anhydride phosphorique, ou, si l'on a employé une quantité suffisante d'acide, n'ajouter que de l'anhydride phosphorique. On attend que la température soit revenue à — 10° et l'on reprend l'introduction du toluol fluochloré.

Quand l'opération est bien conduite, on perçoit à peine l'odeur du chlore. Après introduction de tout le difluorchlortoluol, le produit de la réaction est versé dans un grand ballon contenant de l'eau glacée. Le nitrodérivé se sépare avec une petite quantité d'acide nitrobenzoïque dont il est impossible d'empêcher complètement la formation. On secoue le produit brut avec de la soude étendue, puis on lave à l'eau, on sèche sur du chlorure de calcium et on distille.

Le rendement est très bon : 50 grammes de difluorchlortoluol m'ont donné 55 grammes de nitrodifluorchlortoluol et seulement 3 grammes d'acide nitrobenzoïque.

Il est évident que le produit est un métadérivé ; ce qui le démontre, d'ailleurs, c'est que, par l'ébullition prolongée avec l'eau, j'ai obtenu, comme je l'ai dit plus haut, une décomposition très incomplète, avec formation d'acide nitrobenzoïque fondant à 141°, c'est-à-dire de l'acide méta.

L'acide sulfurique concentré attaque très vivement le difluorchlortoluol à chaud : en quelques instants, il y a décomposition complète en acide benzoïque, chlorhydrique et fluorhydrique.

Sous l'influence de l'amalgame de sodium, le difluorchlortoluol se laisse réduire en difluortoluol. Cette réduction est très lente et doit se faire en solution alcoolique si l'on veut éviter une destruction trop profonde du chaînon $CClFl_2$. L'alcool employé est à 80° et je mets en œuvre une quantité d'amalgame à 10 % un peu supérieure à la quantité théorique.

Différents essais m'ont montré que la réaction demande plusieurs semaines pour fournir un rendement satisfaisant. Le produit est distillé au bain d'huile jusqu'à siccité et le distillat précipité par l'eau, séché et distillé. Le thermomètre monte d'emblée à 125° et s'élève lentement jusque 145°. Le résidu non distillable est insignifiant. J'ai, par rectification, séparé en fractions distillant de 125°-130°, 130°-135°, 135°-140°, 140°-145°. Chacune d'elles a été soumise à des rectifications répétées. Je ne suis pas parvenu à isoler ce corps à un point d'ébullition

inférieur à 120°, comme c'eût été le cas si une réduction s'était produite du côté fluoré de la molécule, avec formation de monofluortoluol ou de toluol. J'ai obtenu comme produits finaux de rectification un liquide bouillant de 132° à 136°, un autre bouillant de 142° à 144°, constitué de difluorchlortoluol inaltéré et une portion à point d'ébullition intermédiaire assez importante.

Le corps bouillant de 132° à 136° soumis à l'analyse ne me fournit pas de résultats satisfaisants, sa teneur en carbone et hydrogène étant intermédiaire entre celles du difluortoluol et du difluorchlortoluol. La séparation de ces corps par distillation est presque impossible, la différence entre leurs points d'ébullition ne devant être que de 6° à 8° environ.

Je me suis appuyé, pour enlever le difluorchlortoluol, sur le fait que celui-ci est décomposé par l'eau bouillante avec facilité, tandis que les dérivés seulement fluorés résistent bien à l'action de l'eau. Le produit bouillant de 132° à 136° fut donc chauffé au reflux avec de l'eau.

Pour m'assurer des progrès de la réaction destructive du difluorchlortoluol, je prélevai de temps à autre une prise d'essai que je chauffai avec de l'acide sulfurique concentré. Ce dernier attaque les deux dérivés fluorés : le difluortoluol est transformé en aldéhyde benzoïque, le difluorchlortoluol en acide benzoïque. Après refroidissement, la masse était épuisée par l'eau bouillante; l'acide benzoïque formé cristallisait par refroidissement. L'ébullition avec l'eau fut prolongée jusqu'à ce que cette épreuve eût donné un résultat négatif. Ce procédé de séparation n'est cependant pas parfait; je ne suis pas parvenu à obtenir un corps donnant des résultats complètement satisfaisants

à l'analyse, comme le prouvent les données suivantes de deux combustions, faites avec des produits qui avaient subi une ébullition de dix jours avec l'eau.

0gr,3210 de substance ont donné 0gr,7484 CO_2
ou 0gr,2041 C, soit 63.6 °/o,
et 0gr,1272 H_2O ou 0gr,0131 H, soit 4.09 °/o.

0gr, 334 de substance ont donné 0gr,7898 CO_2
ou 0gr,2154 C, soit 64.51 °/o,
et 0gr,131 H_2O ou 0gr,01445 H, soit 4.31 °/o.

Calculé pour $C_6H_5CHFl_2$.

C 65.62 °/o
H 4.65 °/o

Le difluortoluol ainsi obtenu est un liquide incolore, d'une odeur agréable, bouillant à 133°,5. La détermination de sa densité de vapeur donna les résultats suivants :

Poids de substance.	Température.	Volume en centimètres cubes.	Pression en millimètres de mercure réduite à 0°.	Densité.	Poids moléculaire déduit.
0gr,0516	100°	59.0	151.8	4.60	122.8

Poids moléculaire théorique : 118. Comme tous les dérivés uniquement fluorés, il est très résistant à l'action des réactifs. Cependant, à 200°, l'eau l'attaque et le

transforme assez rapidement en acide fluorhydrique et aldéhyde benzoïque. L'acide sulfurique concentré et chaud produit cette transformation avec une grande facilité.

La réduction du difluorchlortoluol par l'amalgame de sodium ne porte que sur le côté chloré du chaînon $-CClFl_2$. J'ai déjà, à maintes reprises, signalé cette résistance du fluor à l'action réductrice de l'amalgame de sodium. Cependant le résidu salin provenant de la réduction contenait du fluorure de sodium. La formation de ce sel est due à l'action destructive de l'eau ou de la soude sur le chaînon $-CClFl_2$, car à côté de fluorure et de chlorure de sodium, j'ai constaté la présence d'une notable proportion de benzoate de soude.

L'alcoolate de sodium n'agit pas d'une manière sensible sur le difluorchlortoluol à la température ordinaire, ni même à 80°. Il n'en est plus de même si l'on chauffe en tubes scellés à 150°.

J'ai chauffé une molécule-gramme de difluorchlortoluol avec une molécule d'alcoolate de sodium, d'abord pendant deux, ensuite pendant cinq jours. Il se produisit dans le tube un précipité cristallin abondant. A l'ouverture des tubes, je ne constatai pas de pression.

Le précipité cristallin fut filtré et le liquide distillé au bain-marie. Il passa d'abord de l'éther en quantité assez notable, puis le thermomètre monta à 78°. Le résidu non distillable au bain-marie avait une réaction très fortement acide; il fut lavé à l'eau, puis séché et distillé. Le thermomètre s'éleva d'emblée à 210° et tout le produit distilla entre 210° et 211°.

Le liquide ainsi obtenu est du benzoate d'éthyle; une détermination de densité de vapeur m'a donné 5.21

comme valeur de cette constante correspondant au poids moléculaire 151, soit le poids moléculaire théorique du benzoate d'éthyle $C_6H_5 - CO_2 - C_2H_5$.

Je n'avais mis en œuvre qu'une molécule d'alcoolate de sodium, espérant n'agir que sur le chlore du chainon $CClFl_2$, à l'effet d'obtenir un corps du type $R - C < \begin{matrix} OEt \\ Fl_2 \end{matrix}$.

Seulement le côté fluoré de la molécule a également été attaqué.

D'autre part, le produit de la réaction ne contenait plus de difluorchlortoluol. L'alcool a donc dû intervenir dans la réaction pour réagir sur le chaînon $CClFl_2$ et donner lieu à la production d'acide fluorhydrique. Celui-ci s'était, en effet, formé en quantité notable, comme l'indiquait une profonde corrosion des tubes ayant servi à l'expérience.

Le rendement en benzoate d'éthyle est théorique : 16gr,2 de difluorchlortoluol m'ont donné 15 grammes de benzoate d'éthyle. Il est à remarquer qu'il ne se produit pas du tout d'orthobenzoate d'éthyle

$$C_6H_5C \left\langle \begin{matrix} OC_2H_5 \\ OC_2H_5 \\ OC_2H_5 \end{matrix} \right.$$

Ainsi s'explique la présence de l'éther $(C_2H_5)_2 : O$ dans les produits de la réaction.

Quant au résidu fixe, il était formé d'un mélange de chlorure avec une petite quantité de fluorure de sodium.

L'action de l'alcool absolu est la même que celle de l'alcoolate de sodium, mais plus lente; il se forme de l'éther, du benzoate d'éthyle, du chlorure d'éthyle et de

l'acide fluorhydrique, ainsi qu'un peu d'acide chlorhydrique non éthérifié.

Dans une prochaine communication, j'étudierai l'action du phénol et des anilines sur le difluorchlortoluol.

La faible quantité de dichlorfluortoluol que j'ai obtenue ne m'a pas permis d'en faire une étude complète.

C'est un liquide incolore, d'une odeur piquante; sa densité à 11° est de 1.3138, son indice de réfraction α_D de 1.5180, ce qui lui assigne une réfraction moléculaire de 41.19.

L'ébullition prolongée avec l'eau le décompose comme le difluorchlortoluol. L'acide sulfurique concentré le détruit très rapidement à chaud.

Comme le difluorchlortoluol, on peut le nitrer en opérant à froid avec un mélange d'acide nitrique et d'anhydride phosphorique. La conduite de l'opération est la même que celle que j'ai décrite pour le difluorchlortoluol.

Le rendement en nitro-dérivé est très satisfaisant et la formation d'acide nitrobenzoïque insignifiante. Il n'en est plus de même quand on opère à chaud, ou avec de l'acide nitrique ne contenant pas d'anhydride phosphorique.

Le produit, précipité par l'eau et lavé à la soude caustique, a été séché et distillé. J'ai obtenu ainsi un liquide coloré en jaune pâle, distillant sans décomposition entre 258° et 261° à une première distillation et qui, rectifié, bout à 260°.

10 grammes de dichlorfluortoluol m'ont donné 11 grammes de nitrodichlorfluortoluol, ce qui constitue un rendement presque théorique.

Les résultats analytiques sont les suivants.

0gr,5402 de substance ont donné 0gr,9272 CO_2,
soit 0gr,2528 C ou 46.81 °/o,
et 0gr,1400 H_2O, soit 0gr,01556 H ou 2.88 °/o.

Calculé pour $C_6H_4 < \begin{matrix} CCl_2Fl \\ NO_2 \end{matrix}$		Trouvé.
C	41.91 °/o	46.81 °/o
H	2.79 °/o	2.88 °/o

Le dichlorfluornitrotoluol est un liquide presque incolore, d'une densité de 1.408 à 18°. L'eau ne le décompose pas à la température ordinaire, mais l'altère très lentement à chaud. L'acide nitrique de densité 1.50 l'attaque à l'ébullition en le transformant en acide nitrobenzoïque. L'acide nitrique de densité 1.35 n'agit sur lui que beaucoup plus lentement. Il est en somme un peu moins stable que le difluorchlortoluol.

Il résulte des données de ce travail que la substitution du fluor par le chlore dans le chaînon - CFl_3 diminue sensiblement la solidité de ce groupement; non seulement le chlore conserve la mobilité qui lui est propre dans le chlorure de benzyle et de benzylidène, mais il entraîne une certaine fragilité des liens unissant le fluor au carbone. Le chlore se laisse notamment facilement remplacer par l'hydroxyle: il se produit alors des combinaisons contenant au même carbone OH et Fl, lesquelles manquent de stabilité et doivent perdre facilement de l'acide fluorhydrique pour se transformer en une combinaison du type chlorure ou fluorure acide, qui jouissent d'une grande aptitude réactionnelle.

Avant de terminer, j'attirerai l'attention sur la variation de température d'ébullition que provoque la substitution

du chlore par le fluor. Elle est indiquée dans le tableau suivant :

Dérivés chlorés.	Point d'ébullition.	Dérivés fluorés.	Point d'ébullition.	Différence.
$C_6H_5CCl_3$.	213°-214°	$C_6H_5CCl_2Fl$.	178°	35°-36°
$C_6H_5CCl_2Fl$.	178°	$C_6H_5CClFl_2$.	142°,6	35°,4
$C_6H_5CClFl_2$.	142°,6	$C_6H_5CFl_3$.	103°,5	39°,1
$C_6H_4<^{CFlCl_2}_{NO_2}$.	260°	$C_6H_4<^{CClFl_2}_{NO_2}$.	230°,5	29°,5
$C_6H_4<^{CClFl_2}_{NO_2}$.	230°,5	$C_6H_4<^{CFl_3}_{NO_2}$.	201°,5	29°
$C_6H_5CCl_2H$.	206°	$C_6H_5CFl_2H$.	133°,5	2×35°,3

Comme on peut le reconnaître, la substitution des deux premiers atomes de chlore par du fluor produit dans les hydrocarbures non nitrés un abaissement du point d'ébullition de 35°. Cet abaissement devient un peu plus fort pour le remplacement du troisième atome de chlore (39°), sauf pour les dérivés nitrés et, fait curieux, le groupement NO_2 a une influence notable sur l'abaissement du point d'ébullition. Dans tous les cas, la chute du point d'ébullition est inférieure à 44°, valeur que j'ai observée pour les hydrocarbures de la série grasse.

Gand, le 1er mai 1900.

—

Développement du cœur, du péricarde et des épicardes chez CIONA INTESTINALIS (communication préliminaire); par Marc de Selys Longchamps.

Le développement du cœur, du péricarde et des épicardes chez *Ciona intestinalis* présente un double intérêt : l'importance essentielle des organes en question et l'importance phylogénétique de l'espèce considérée, à laquelle la plupart des auteurs s'accordent à reconnaître des caractères palingénétiques. Quand j'aurai fait remarquer qu'il existe des contradictions absolues entre les résultats fournis par les différents observateurs sur cette question, l'opportunité de la communication que j'ai l'honneur d'adresser aujourd'hui à l'Académie se trouvera, je l'espère, justifiée.

La présente communication n'est que le résumé d'une étude, aujourd'hui terminée, qui doit paraître, avec une planche, dans les *Archives de biologie*.

Je me bornerai ici à une analyse sommaire des travaux déjà parus sur cette question, après quoi j'exposerai rapidement mes résultats personnels.

HISTORIQUE.

Dans une étude portant principalement sur *Ciona intestinalis*, Willey (1) a touché à la formation de l'organe cardio-péricardique chez cette espèce. Il n'a vu, chez

(1) A. WILLEY, *Studies on the Protochordata* (QUART. JOURN. OF MICR. SC., vol. XXXIV, 1893).

Ciona, aucune preuve de l'origine endodermique du cœur, qui apparaît alors que le mésoderme a déjà envahi l'espace résultant de l'écartement de l'ectoderme et de l'endoderme. S'il conclut à l'origine endodermique du cœur chez *Ciona*, c'est uniquement par analogie avec ce qui se passe chez *Clavelina*. Willey a constaté que la cavité péricardique est primitivement double, et sa figure 12 (pl. XXX) nous montre l'organe sous la forme d'une vésicule complètement subdivisée en deux moitiés par un septum à double paroi.

La cavité cardiaque se forme par suite de l'écartement des deux feuillets constituant le septum en question.

Willey n'a rien vu de l'épicarde chez *Ciona*.

Peu après, Newstead (1) reconnut que la cavité périviscérale de *Ciona*, se formant par suite du cloisonnement du fond de la branchie, devait être considérée comme homologue de l'épicarde de *Clavelina*. Van Beneden et Julin (2), en l'absence de toute donnée relative au développement de la cavité périviscérale de *Ciona*, avaient d'ailleurs déjà émis l'hypothèse de cette homologie. Newstead a eu le mérite de la démontrer. Il reconnut également que la cavité périviscérale reste, pendant toute la vie, en communication avec le fond de la cavité branchiale par deux petits orifices. Mais c'est à tort que Newstead, qui n'a d'ailleurs rien vu de la formation du péricarde, croit la formation de cet organe liée à celle de l'épicarde.

---

(1) A.-H.-L. Newstead, *On the perivisceral cavity of Ciona* (Journ. of Micr. Sc., vol. XXXV, 1894).

(2) Éd. Van Beneden et Ch. Julin, *Recherches sur la morphologie des Tuniciers* (Arch. de biol., t. VI, 1887).

Le mode de développement des cavités périviscérales a été repris par Damas (1), qui reconnut la dualité persistante de la cavité périviscérale, chacune des cavités communiquant par un orifice avec le fond de la cavité branchiale. Damas montre combien est tardive la formation des cavités périviscérales, et il conclut de ses observations, rapprochées de celles de Willey (*l. c.*), que « ce qui ressort avec évidence des faits actuellement connus, c'est que, chez *Ciona*, l'organe cardio-péricardique d'une part, et les formations épicardiques de l'autre, n'ont rien de commun au point de vue de leur origine ou de leur mode de formation » (p. 18).

Enfin, et cela tout récemment, Julin (2) a donné une relation toute différente du mode de formation du cœur, du péricarde et de l'épicarde chez *Ciona*. Julin croit la formation du péricarde intimement unie à celle de l'épicarde. En effet, les gouttières qui, dans la larve urodèle, règnent dans le pharynx à droite et à gauche du sillon rétropharyngien, représenteraient des *procardes*. Le fond du procarde droit donnerait une vésicule close, la vésicule péricardique, le reste du procarde droit devenant l'épicarde droit, le procarde gauche, tout entier, devenant l'épicarde gauche.

---

(1) D. Damas, *Les formations épicardiques chez Ciona intestinalis* (Arch. de biol., t. XVI, 1899).

(2) Ch. Julin, *Contribution à l'histoire phylogénétique des Tuniciers; Recherches sur le développement du péricarde, du cœur et les transformations de l'épicarde chez les Ascidies simples* (Trav. de la Stat. zool. de Wimereux, t. VII [Miscellanées biologiques dédiées au professeur A. Giard]. Paris, 1899).

Enfin, la cavité cardiaque se formerait par suite de l'invagination de la paroi dorsale de la vésicule péricardique, c'est-à-dire suivant le processus décrit chez les autres Tuniciers.

Julin conclut que le développement du péricarde est essentiellement le même chez *Ciona intestinalis*, *Distaplia magnilarva*, *Styelopsis grossularia* et *Lithonephrya eugyranda*. Chez les quatre espèces, le péricarde se formerait aux dépens du fond du procarde droit.

Ne pouvant discuter ici les résultats contradictoires qui viennent d'être exposés, je me bornerai à renvoyer à mes conclusions.

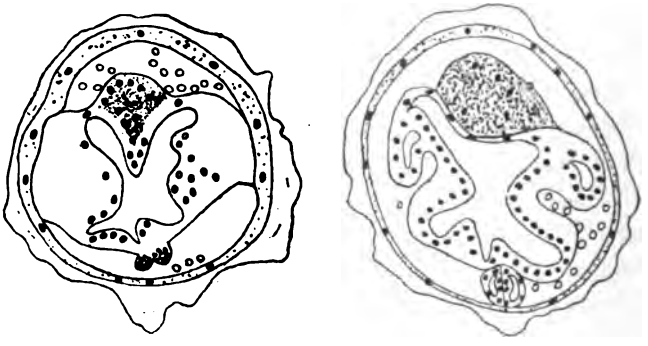
Observations personnelles.

Le matériel dont je me suis servi vient de Bergen, en Norvège. Je l'y ai recueilli moi-même, l'été dernier, et fixé à l'acide picro-sulfurique ainsi qu'à l'acide acétique glacial. Il se compose de larves de *Ciona* que j'ai élevées et fixées avant, pendant et après la métamorphose.

Je saisis avec le plus grand empressement la première occasion qui m'est offerte d'adresser mes remerciements les plus chaleureux à MM. Nordgaard, directeur du laboratoire maritime, et Appelöf, conservateur au Museum de Bergen, pour l'obligeance extrême avec laquelle ils m'accompagnèrent dans les endroits où ils savaient devoir trouver des Ascidies, dont ils mirent une énorme quantité à ma disposition, ainsi que pour les facilités qu'ils me donnèrent pour élever les larves de plusieurs espèces, notamment de *Ciona intestinalis*.

Les larves de *Ciona* les plus jeunes que j'aie fixées présentent malheureusement déjà le premier rudiment de l'organe cardio-péricardique, de sorte que je ne puis émettre d'opinion quant à l'origine exacte de la première ébauche. Pas plus que Willey (*loc. cit.*), je n'ai vu chez *Ciona* aucune preuve de l'origine endodermique du péricarde.

Le premier rudiment de l'organe cardio-péricardique apparaît, chez la larve de *Ciona*, longtemps avant la métamorphose. Il consiste en deux petites vésicules situées à la face ventrale du pharynx, immédiatement en avant de l'estomac.



Grossissement : 300 diamètres.

FIG. 1. — Coupe transversale d'une larve urodèle, montrant la dualité de la première ébauche de l'organe cardio-péricardique.

FIG. 2. — Coupe transversale d'une larve urodèle plus avancée, montrant encore les deux vésicules indépendantes.

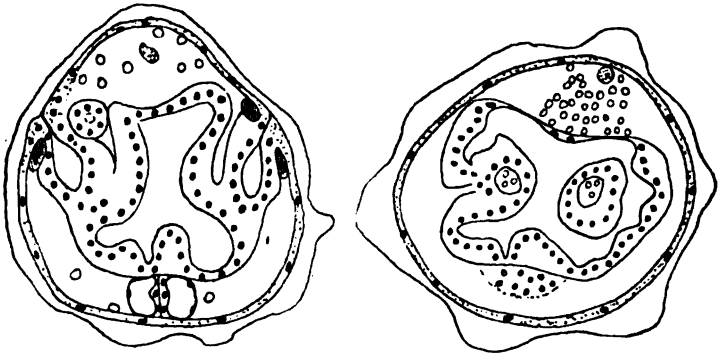
La figure 1 représente une coupe transversale de larve urodèle, passant par les vésicules péricardiques et par l'extrémité postérieure de la vésicule cérébrale. On

constate que les vésicules péricardiques, dont la dualité est évidente, ont une lumière très réduite encore. Elles ne sont pas délimitées de l'endoderme, et cela surtout à leur extrémité antérieure. Leur petit volume permet de supposer que, si elles représentent des diverticules du pharynx, ces diverticules se forment, par suite d'une modification cœnogénétique, par un processus tenant beaucoup plus de la délamination que de l'évagination proprement dite.

Au plancher du pharynx, on constate la présence de trois gouttières : l'une, médiane, répond au sillon rétro-pharyngien ; elle se continue avec la gouttière endostylaire qui est verticale dans la larve de *Ciona* ; les deux autres, latérales, répondent aux diverticules que Julin (*loc. cit.*) a considérés comme des procardes. L'examen de la figure 1 prouve à l'évidence que les diverticules en question ne sont aucunement liés à la formation des vésicules péricardiques. Ce ne sont donc pas des procardes. Nous verrons plus loin leur véritable signification.

La figure 2 se rapporte à une coupe transversale d'une larve urodèle plus avancée, mais ne présentant encore aucun indice de métamorphose : la vésicule cérébrale ainsi que la queue dans toute sa longueur ne montrent encore aucune trace de dégénérescence. Cette coupe de l'organe cardio-péricardique se présente sous un aspect à peu près identique à celui que Willey (*loc. cit.*) a reproduit dans sa figure 12 (pl. XXX). Les deux vésicules péricardiques se sont rapprochées et intimement accolées, de façon à constituer, dans leur ensemble, une vésicule subdivisée en deux moitiés par un double septum. C'est-à-dire qu'à ce moment la dualité primitive de la vésicule n'est plus aussi apparente.

La figure 3 se rapporte à une coupe transversale d'une larve en métamorphose, larve dont la vésicule cérébrale est dégénérée et dont les débris de la queue se sont réunis en une masse informe à l'extrémité postérieure du corps. Sur la figure 3, on constate que les vésicules péricardiques se sont considérablement distendues. La partie de leur paroi qui entre dans la constitution du double septum est restée formée par un épithélium épais, tandis que le reste de leur paroi, leur paroi libre, s'est fortement aplati.



Grossissement : 300 diamètres.

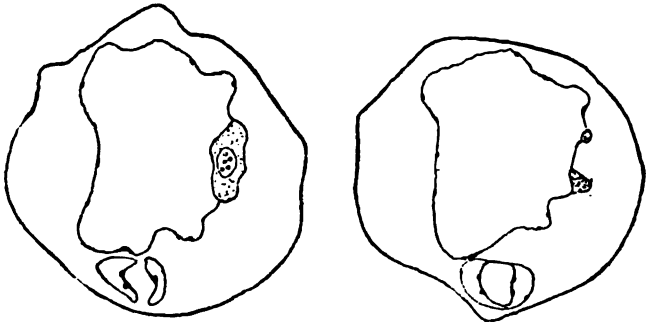
FIG. 3. — Coupe transversale d'une larve en métamorphose.

FIG. 4. — Coupe transversale d'une autre larve du même stade.

Sur la gauche de cette coupe se voit l'extrémité rectale de l'intestin qui ne débouche pas encore dans la cavité péribranchiale. En suivant la série des coupes de l'individu auquel la figure 3 est empruntée, on constate que, du côté droit tout au moins, la cavité péribranchiale est déjà en communication avec la cavité branchiale par deux

stigmates. Du côté gauche, l'existence du stigmate antérieur est, seule, bien évidente. Sur la figure 4, empruntée à une autre larve du même stade, on voit d'ailleurs les deux stigmates du côté droit. Les deux stigmates de gauche se trouvent, l'antérieur sur la coupe représentée figure 4, le postérieur sur la coupe suivante.

La comparaison d'une série suffisante d'individus, peut-être même déjà la comparaison des figures 1 à 4 ci-dessus, permet de se rendre compte que les diverticules du pharynx, situés à droite et à gauche du sillon rétropharyngien, et que Julin (*loc. cit.*) a considérés comme des procardes, ne sont, en réalité, que l'entrée des stigmates de la seconde paire.



Grossissement : 200 diamètres.

FIG. 5 et 6. — Deux coupes frontales d'une jeune *Ciona* déjà pourvue de deux paires de stigmates ciliés.

Les figures 5 et 6 représentent des coupes frontales d'une jeune *Ciona* métamorphosée, possédant déjà deux paires de stigmates. La coupe à laquelle se rapporte la figure 5 passe immédiatement en dessous de l'estomac.

Sur cette coupe on constate que les deux vésicules péricardiques se sont écartées, c'est-à-dire qu'une cavité, ouverte dorsalement et ventralement, sur cette coupe est apparue entre les deux vésicules péricardiques. Cette nouvelle cavité est la cavité cardiaque.

Sur la figure 6, qui se rapporte à la seconde coupe suivant la coupe représentée figure 5, les deux vésicules péricardiques se sont réunies ventralement ; leurs cavités sont devenues confluentes. D'autre part, le raphé du cœur est fermé, c'est-à-dire qu'à ce niveau la cavité cardiaque est complètement délimitée.

La cavité cardiaque apparaît donc, conformément aux observations de Willey (*loc. cit.*), par suite de l'écartement des deux feuillets constituant le double septum séparant jusqu'alors les deux vésicules péricardiques, et non, comme l'a voulu Julin (*loc. cit.*), par suite de l'invagination de la paroi dorsale d'une vésicule péricardique unique.

Conclusions.

1. Le péricarde est un organe d'origine paire et symétrique. Il se présente, chez la larve urodèle, sous la forme de deux petites vésicules indépendantes l'une de l'autre, accolées à la face inférieure du pharynx, immédiatement en avant de l'estomac. Leur union avec l'endoderme du pharynx est très intime, surtout à leur extrémité antérieure. Cependant je n'ai, pas plus que Willey (*loc. cit.*), pu trouver de preuve de l'origine endodermique du péricarde. Aussi cette question doit-elle être réservée.

2. Conformément à l'opinion défendue par Damas

(*loc. cit.*), le péricarde n'est aucunement lié au développement des épicardes. C'est-à-dire qu'*il n'existe, chez Ciona, aucune espèce de formations procardiques.* Il n'existe pas d'ébauche commune du péricarde et de l'épicarde chez *Ciona* : ces organes se forment indépendamment l'un de l'autre, à des époques très différentes du développement; le premier chez la larve urodèle, longtemps avant la métamorphose, le second chez la jeune Ascidie déjà très avancée.

C'est ce qui explique que l'épicarde ait échappé à Willey (*loc. cit.*).

3. Les deux vésicules péricardiques, grandissant, s'accolent l'une à l'autre, de façon à constituer dans leur ensemble une vésicule subdivisée en deux moitiés indépendantes par un double septum.

4. Conformément à l'exposé de Willey (*loc. cit.*), la cavité cardiaque se forme par suite de l'écartement des feuillets constituant le double septum en question. Les cavités des deux vésicules péricardiques se mettent alors seulement en communication, et le cœur définitif se trouve constitué.

5. L'exposé qui précède, confirmant les résultats de Willey (*loc. cit.*) et de Damas (*loc. cit.*), démontre que la comparaison, établie par Julin (*loc. cit.*), entre le mode de développement de l'organe cardio-péricardique et de l'épicarde chez *Ciona* d'une part, et *Distaplia* d'autre part, ne peut pas être défendue. La comparaison, établie par Damas (*loc. cit.*) à ce point de vue, entre *Ciona* et *Clavelina*, semble, au contraire, beaucoup plus justifiée.

—

Recherches sur le développement post-embryonnaire et l'organisation de MOLGULA AMPULLOIDES P.-J. Van Beneden (communication préliminaire); par Marc de Selys Longchamps et D. Damas.

Pendant un séjour à Ostende, aux mois de juillet et août 1898, nous avons eu l'occasion de retrouver, dans les bassins de l'arrière-port, la Molgule ampulloïde, décrite pour la première fois par P.-J. Van Beneden (1).

Nous avons pu étudier, sur un matériel considérable, le développement post-embryonnaire et l'anatomie définitive de cette forme. Ces recherches font l'objet d'un travail actuellement achevé et qui paraîtra dans les *Archives de biologie*. Nous y traitons l'histoire de la branchie et des organes génitaux; nous avons aussi constaté la persistance d'un organe sensoriel larvaire.

I. — *Étude de la branchie.*

Nos recherches ont porté sur des individus déjà métamorphosés et que nous avons trouvés pourvus de deux paires de stigmates primitifs; il n'entre donc pas dans notre étude de rechercher leur mode exact de formation. Mais nous avons observé la formation par perforation directe d'une troisième paire de stigmates primitifs en

---

(1) P.-J. VAN BENEDEN, *Recherches sur l'embryogénie, l'anatomie et la physiologie des Ascidies simples* (MÉM. ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XX, 1846).

arrière des deux autres préformées. Par analogie, le reste du développement démontrant que ces trois stigmates ont la même valeur, nous admettons un mode semblable de formation pour les deux paires antérieures de stigmates.

Ces stigmates primitifs ont une forme ovalaire, ils sont allongés transversalement dans une direction perpendiculaire à l'endostyle, et occupent surtout la région dorsale de la branchie. Ils méritent le nom de *protostigmates* proposé par W. Garstang (1), et nous les désignons comme *protostigmates primaires,* pour les distinguer du produit immédiat de leur transformation.

Par l'accroissement de son extrémité ventrale qui se recourbe en arrière, puis dorsalement, chacun des protostigmates primaires prend la forme d'un fer à cheval à branches inégales. Les deux branches se séparent ensuite au niveau de la partie unissante.

Il s'ajoute donc trois stigmates nouveaux aux éléments préformés. De même que les éléments qui leur ont donné naissance, ils sont parallèles entre eux et disposés perpendiculairement à l'endostyle. Mais il y a lieu de remarquer que, par leur origine, ils se rattachent deux à deux à un protostigmate primaire. Pour rappeler leur genèse, nous les désignons comme *protostigmates secondaires.*

Ce stade à six protostigmates que nous avons observé chez l'ampulloïde rappelle un moment correspondant du développement des autres Ascidies simples. Son origine

---

(1) W. Garstang, *On the development of the stigmata in Ascidians* (Proc. of the Roy. Soc., 1892, vol. LI, pp. 505-513).

n'ayant pas encore été mise complètement hors de doute, nous ferons remarquer la complète ressemblance de la présente description avec celle fournie par A. Willey (1) chez la Molgule des îles Manhattes.

Les bords des ouvertures stigmatiques se rapprochent en des points et suivant des modes définis. Il se fait une subdivision de l'orifice unique en huit stigmates qui prennent la forme de croissants. Ils sont disposés en rangées transversales dont le nombre répond à celui des protostigmates secondaires. Les deux croissants ventraux, par leur origine comme par leur position, paraissent avoir une signification différente des six autres. Si, tenant compte de ce fait, nous numérotons les éléments de la région ventrale vers la région dorsale, nous pouvons résumer la disposition réalisée à ce stade dans la formule suivante, où chaque chiffre désigne un croissant :

Disposition des croissants dans la série transversale	Raphé dorsal	7	6	5	4	3	2	1a 1b	Endostyle.

Chacun des croissants se transforme en une spirale dont le sommet répond à sa partie moyenne. Ces spirales sont doubles : elles résultent de l'enroulement concentrique de deux lignes de stigmates qui répondent respectivement à une des cornes du croissant. Les extrémités périphériques de cette double spirale représentent les pointes du croissant primitif. La disposition des spirales dans la série transversale est la même que celle des croissants dont elles dérivent et la formule par laquelle nous

(1) A. Willey, *Amphioxus and the Ancestry of the Vertebrates.* Londres, 1894, p. 233.

avons résumé la disposition de ces derniers éléments s'applique entièrement aux produits de leur transformation.

Le sens d'enroulement de toutes les spirales appartenant à une même série transversale est le même. Mais la disposition des croissants, celle des spirales et leur sens d'enroulement est contraire pour deux séries successives. Les images fournies par deux séries, l'une de rang impair, l'autre de rang pair, sont symétriques par rapport au sinus intersérial qui les sépare.

Cette disposition se retrouve chez l'adulte, mais singulièrement compliquée, presque indéchiffrable quand on n'a pas suivi le développement. Elle a été observée chez toutes les formes appartenant au groupe des Molgulides, et nous pensons que partout elle s'explique par des faits semblables du développement.

La branchie d'une Molgulide est donc formée de six séries transversales composées elles-mêmes d'un nombre variable d'un genre à l'autre de spirales doubles de stigmates. La disposition symétrique des éléments par rapport aux sinus intersériaux impairs permet de les disposer en trois groupes qui correspondent aux trois perforations directes apparues au début du développement. Nous considérons donc le sac branchial de l'ampulloïde comme résultant de la complication de trois unités fondamentales : les *protostigmates primaires*. Cette complication progressive repose sur trois groupes de phénomènes, correspondant chacun à une période du développement post-embryonnaire :

Première période : Division des protostigmates primaires suivant leur grand axe et formation des *protostigmates secondaires*.

Deuxième période : Division du protostigmate secondaire perpendiculairement à son grand axe et formation des *croissants*.

Troisième période : Transformation des croissants en *spirales*.

Nous devons faire remarquer que la succession de ces trois périodes est loin de s'effectuer avec la régularité schématique que leur a imposée ce résumé tout théorique. En fait, une même branchie dans ses diverses séries, chaque série dans ses divers croissants ou spirales, montre des stades différents du développement. Nous avons dû réserver ces détails pour l'exposé définitif, qui sera accompagné de figures.

Nous laissons de même de côté la formation des replis longitudinaux et des barres longitudinales, qui présentent une nouveauté moins grande ou un intérêt général moins considérable.

II. — *Persistance chez l'adulte d'un organe sensoriel larvaire.*

Les larves des Molgulides ne renferment qu'un organe pigmenté dans leur vésicule cérébrale. Nous pensons que le bouton pigmenté de ces larves correspond à l'otolithe. Cet organe avait déjà été signalé par P.-J. Van Beneden (*loc. cit.*) chez les larves de *M. ampulloides*, et il le représente jusques et y compris chez l'individu pourvu de deux paires de stigmates (fig. 11, pl. XIII). Nous avons retrouvé ce corpuscule pigmenté chez des individus de cet âge, et avons constaté qu'il siège, dès ce moment, dans le lobule unique constituant alors la glande hypophysaire.

Nous avons constaté que ce corpuscule se retrouve régulièrement, chez l'adulte, dans l'un des lobules de la glande. Il n'a subi aucun changement depuis sa formation. Il est entouré d'une mince gaine anhyste, et ses dimensions, 10 μ, sont constantes. Nous n'avons jamais observé aucune connexion entre le corpuscule pigmentaire et le ganglion nerveux. Mais il nous semble intéressant de signaler, au point de vue de l'origine de la glande hypophysaire, que c'est dans cette glande que l'on retrouve le corpuscule pigmentaire provenant de la vésicule cérébrale de la larve.

III. — *Observations sur les organes sexuels.*

Il existe chez *M. ampulloides*, de même que chez la plupart des Molgules, deux organes sexuels hermaphrodites, l'un droit, l'autre gauche.

Chacun des organes se forme aux dépens d'un amas de cellules mésodermiques qui, se creusant bientôt d'une cavité, se transforme en une vésicule. Cette vésicule est l'ébauche, encore indifférente, de l'ovaire et du testicule. Une particularité, c'est qu'il n'existe pas ici de cordon cellulaire, ébauche des canaux sexuels (canal déférent et oviducte), reliant la vésicule au cloaque.

La vésicule sexuelle s'allonge transversalement par rapport à l'individu, c'est-à-dire perpendiculairement à l'endostyle. Sa paroi superficielle se transforme en un épithélium plat, très mince, qui est l'épithélium superficiel de l'ovaire. Sa paroi profonde, correspondant à l'épithélium germinatif, donne naissance à l'ébauche du testicule, les deux organes restant, longtemps encore, confondus à leur extrémité supérieure.

A aucun moment, on ne constate de disposition bilatérale dans l'épithélium germinatif de l'ovaire. Ce fait corrobore une hypothèse émise par Van Beneden et Julin (1), qui ont supposé que l'organe à symétrie bilatérale des espèces à organe sexuel unique représentait les deux organes des espèces à organes sexuels pairs.

Nous n'avons pas non plus observé l'épithélium délimitant que Julin (2) décrit à l'ovaire de *Styelopsis grossularia*, épithélium qui entourerait tout l'organe femelle, qui constituerait, à lui seul, la paroi superficielle de l'ovaire, et à la face profonde duquel se trouverait l'épithélium germinatif. Conformément aux descriptions données par la plupart des auteurs, il nous a paru que l'épithélium plat, superficiel, était en continuité avec l'épithélium germinatif.

Avant même que l'organe mâle ne se soit complètement séparé de l'organe femelle, le testicule, qui présente à ce moment la forme d'un cordon appliqué contre la face profonde de l'ovaire, commence à produire des diverticules, qui sont toujours dirigés vers le bord postérieur de l'ovaire, qu'ils débordent bientôt. Il en est de même pour l'extrémité inférieure du testicule, qui dépasse maintenant l'extrémité inférieure de l'ovaire. Les diverticules du cordon testiculaire se ramifient de plus en plus; leur ramification est d'autant plus avancée qu'ils sont situés plus bas. Le testicule finit par se

---

(1) Éd. Van Beneden et Ch. Julin, *Recherches sur la morphologie des Tuniciers* (Arch. de biol., t. VI, 1887).

(2) Ch. Julin, *Structure et développement des glandes sexuelles; ovogenèse, spermatogenèse et fécondation chez Styelopsis grossularia* (Bull. Sc. France Belg., 1893, t. XXIV).

séparer complètement de l'ovaire. On constate alors que son extrémité supérieure se divise également en lobules, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de canal déférent proprement dit. Le testicule, à ce moment, est clos de toutes parts; il se constitue d'un canal central se terminant, à ses deux extrémités, dans des lobules, et dans lequel débouchent, par des branches latérales, d'autres lobules résultant de la subdivision des diverticules du cordon testiculaire des stades précédents.

L'extrémité supérieure de l'ovaire, dépassant de beaucoup l'extrémité supérieure du testicule, ne produit pas d'ovules. Elle est, de même que la paroi superficielle de l'ovaire, constituée par un épithélium plat cilié. Débouchant à son extrémité dans le cloaque, elle représente un oviducte (physiologiquement parlant).

Quant au testicule, sa cavité se met directement en communication avec la cavité péribranchiale, par suite de l'accolement, suivi de perforation, en deux ou trois points, du canal central avec l'épithélium péribranchial.

Le testicule présente une lobulation typique, avec localisation de l'épithélium germinatif dans les ampoules spermatiques. Dans l'ovaire, il n'existe rien de semblable. L'épithélium germinatif est continu, simplement subdivisé en un certain nombre de plis.

Les follicules volumineux, refoulés dans le tissu conjonctif ambiant, n'en sont pas moins en communication avec la cavité de l'ovaire par l'intermédiaire de pédicules épithéliaux, semblables à ceux qui ont été, en premier lieu, décrits par Van Beneden et Julin (*loc. cit.*) chez la Claveline.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

—

Mourlon (*Michel*). Essai d'une monographie des dépôts marins et continentaux du Quaternaire moséen, le plus ancien de la Belgique. Liége, 1900; extr. in-4° (57 p. et 1 pl.).

De Wildeman (*E.*) et *Durand* (*Th.*). Plantae Thonnerianae congolenses ou énumération des plantes récoltées en 1896 par M. Thonner dans le district des Bangalas. Bruxelles, 1900; gr. in-8° (xx-43 p. et 23 pl.).

Dollo (*Louis*). Expédition antarctique belge. Racovitzia glacialis, Poisson abyssal nouveau recueilli par cette Expédition (communication préliminaire). Bruxelles, 1900; extr. in-8° (14 p.).

Schuyten (*M.-C.*). Paedologisch Jaarboek, eerste jaargang. Anvers, 1900; in-8°.

Anspach (*L.*). Étude sur la stabilité des poutres en treillis. Liége, 1900; extr. in-8° (31 p.).

Meunier (*Fernand*). Sur des élytres coléoptères de la tourbe préglacière de Lauenburg Elbe). Paris, 1900; extr. in-8° (2 p.).

— Le copal fossile du Landénien de Léau (Brabant). Bruxelles, 1900; extr. in-8° (3 p.).

Somzée (*Léon de*). Chemin de fer pour des grandes vitesses. Bruxelles, 1900; in-4° (22 p.).

État Indépendant du Congo. Annales de botanique, série II, tome I, fascicule 2. Bruxelles; in-4°.

—

ALLEMAGNE.

Waldeyer (*W.*). Die Bildnisse Friedrichs des Grossen und seine äussere Erscheinung. Berlin, 1900; in-8° (24 p.).

BERLIN. *Kön. preuss. geologische Landesanstalt und Berg-Akademie.* Jahrbuch, 1896-1898.

—

GRANDE-BRETAGNE.

CAMBRIDGE. *Philosophical Society.* Memoirs on the occasion of the jubilee of Sir George Stokes. 1900; in-4°.

ÉDIMBOURG. *Laboratory of the Royal College of physicians.* Reports, vol. VII. 1900.

—

PAYS-BAS.

BATAVIA. *Nederlandsche indische Regeering.* Regenwaarnemingen, 1898.

— *Royal Observatory.* Observations, vol. XXI, with supplement. 1899; 2 vol. in-4°.

UTRECHT. *Genootschap van kunsten en wetenschappen.* Verslag, 1899. Aanteekeningen, 1899.

—

PAYS DIVERS.

Nordenskjöld (*Erland*). Om skifferbitar, som träffats flytande på hafsytan i Sydvestra Patagonien. Stockholm, 1899; extr. in-8° (3 p.).

Nordenskjöld (Erland). Neue Untersuchungen über Neomylodon Listai. Stockholm, 1899; extr. in-8° (2 p.).

— Résumé d'un travail de M. Erland Nordenskjöld (La grotte du Glossotherium [Neomylodon]) présenté à l'Académie des sciences de Paris par Albert Gaudry. Paris, 1899; extr. in-4° (2 p.).

— Iakttagelser och Fynd i Grottor vid ultima Esperanza i Sydvestra Patagonien. Stockholm, 1900; in-4° (24 p. et 7 pl.).

Nordenskjöld (Otto). Svenska Expeditionen till Magellansländerna. Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach den Magellansländern, 1895-1897. Band I, 1; Band II, 1. Stockholm; 2 cah. in-8°.

Stockholm. *Kongl. Vetenskaps-Akademien.* Handlingar, Bandet 32. 1900; in-4°.

Christiania. *Norske Nordhavs-Expedition, 1876-1878.* XXVII. Zoologi : Polyzoa (O. Nordgaard). 1900; in-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 7.

Séance du 7 juillet 1900.

M. Ch. Lagrange, *directeur*.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Jos. De Tilly, *vice-directeur;* le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, L. Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Julien Fraipont, Pol. Francotte, Fr. Deruyts et Paul Pelseneer, *correspondants*.

M. Mansion fait exprimer ses regrets de ne pouvoir assister à la séance.

La Classe s'associe, par ses applaudissements, à l'Adresse de félicitations envoyée par le Président de l'Académie et le Secrétaire perpétuel à Sa Majesté, au sujet des fiançailles de S. A. R. Mgr le Prince Albert de Belgique.

Elle accueille également par ses applaudissements la lecture de la lettre écrite, en son nom, par le Secrétaire perpétuel au Comité pour la manifestation de Lacaze-Duthiers qui a eu lieu le 1er juillet à Paris, à l'Institut, à l'effet de remercier l'éminent zoologiste pour la large et précieuse hospitalité qu'il accorde aux Belges qui viennent étudier dans ses laboratoires de Roscoff et de Banyuls.

— M. le baron Edm. de Selys Longchamps annonce que le Congrès international d'ornithologie de Paris l'avait nommé président d'honneur. (*Applaudissements.*)

CORRESPONDANCE.

Hommages d'ouvrages :

Mathématique de l'histoire (géométrie et cinématique). *Lois de Brück. Chronologie géodésique de la Bible;* par Ch. Lagrange (présenté par l'auteur avec une note qui figure ci-après);

Notions de minéralogie; par A.-F. Renard et F. Stöber;

Essais de philosophie botanique. II. *A propos de génération spontanée;* par L. Errera;

Considérations nouvelles sur les tourbes et les houilles; par B. Renault, associé;

Macrurus Lecointei. Poisson abyssal nouveau; par L. Dollo;

Iconographie de plantes ayant fleuri dans les collections de M. Vanden Bossche à Tirlemont, tome I, fascicules 4 et 5; par Ém. De Wildeman;

Handelingen van het derde Vlaamsch natuur- en geneeskundig Congres gehouden te Antwerpen den 24e September 1899. — Remerciements.

— Travaux manuscrits envoyés à l'examen :

1° Lettre de M. Achille Brachet, de Paris, sur l'*Emploi du nickel pour les paratonnerres.* — Commissaire : M. De Heen;

2° *Recherches sur la structure de la corne antérieure de la moelle du Lapin par la méthode des injections vitales du bleu de méthylène* (communication préliminaire); par le Dr R. Krause, privat docent à l'Université de Berlin, et M. Philippson, docteur en sciences naturelles (travail fait à l'Institut anatomo-biologique de l'Université de Berlin [avec 3 figures]). — Commissaires : MM. Éd. Van Beneden et Fredericq;

3° *Sur la décomposition de l'iodoforme en solution chloroformique;* par M.-C. Schuyten. — Commissaires : MM. Jorissen et Spring;

4° *Notes sur les cubiques gauches;* par M. Stuyvaert. — Commissaires : MM. F. Deruyts, Neuberg et Le Paige;

5° *Sur la circulation dans le cercle artériel de Willis;* (avec 12 figures); par Prosper Van de Kerckhof. — Commissaires : MM. Masius et Fredericq.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

Note au sujet de la présentation d'un livre intitulé : MATHÉMATIQUE DE L'HISTOIRE (1); par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

Le travail dont j'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie, touche de près à un mouvement d'idées auquel notre pays au cours du siècle qui finit, auquel l'Académie elle-même, par un de ses membres illustres, A. Quetelet, ont pris une part marquée.

Il s'agit de cette branche nouvelle de la science qui, étendant du monde physique au monde social l'application des lois mathématiques, cherche à les embrasser tous les deux dans une même unité.

Deux noms sont ici particulièrement en évidence : en ce qui concerne l'étude des lois d'une société donnée, celui de Quetelet, le fondateur de la *Physique sociale* (2); si l'on envisage l'humanité tout entière, ou le fait général de son développement à la surface du globe, celui de Brück, découvreur de la *Loi de la vie des peuples* (3) (loi qui incidentellement a préoccupé Quetelet lui-même (4)).

---

(1) *Mathématique de l'histoire.* (Lois de Brück, Chronologie géodésique de la Bible.) Bruxelles, Kiessling, 1900, in-8°, 884 pages, 27 planches et figures.

(2) *Physique sociale.* Bruxelles, 1869.

(3) *L'Humanité, son développement et sa durée.* Bruxelles, 1866.

(4) *Physique sociale,* t. II, pp. 217 et suiv.

On peut considérer l'ouvrage actuel sous deux aspects :

1° A un point de vue général, comme une vérification des éléments antérieurement acquis, et qu'on vient de rappeler ; d'une part, en effet, il vérifie dans toute son étendue l'idée fondamentale de Quetelet, celle qu'il existe des lois mathématiques régissant le phénomène social ; d'une autre, la loi chronologique de l'histoire, due au génie de Brück, et qui constitue l'un de ses facteurs essentiels ;

2° Au point de vue propre d'une solution particulière et concrète, qui fait décidément passer la question de la phase qualitative à la quantitative, introduit des mesures précises de lieu et de temps, et rend la critique aisée par l'étroitesse même et la clarté de la voie qu'elle lui impose.

D'après cette solution concrète, l'histoire est un phénomène de cinématique opéré sur un réseau géodésique entièrement défini, et suivant une fonction entièrement déterminée aussi et connue du temps. Ici comme dans d'autres questions, le caractère fortuit attribué à un grand nombre de faits n'est que l'expression de notre ignorance des causes : En réalité, tout est déterminé ; ainsi les centres d'action des peuples, les lieux géographiques ont des coordonnées systématiquement définies ; et d'ailleurs, si l'on prolonge la notion d'ordre et d'unité, pas plus que notre globe lui-même ne se trouve isolé dans l'univers, tout cet ordre cinématique de l'histoire ne se trouve restreint aux seules données du sphéroïde terrestre ; il est, en fait, dans une connexion intime et définie avec l'ordre cinématique des mouvements astronomiques, avec les données les plus générales de la constitution du ciel.

Aussi bien que ceux de mes devanciers, mon travail, sans abandonner un instant la forme de l'argument mathématique, touche, par sa nature même, à presque tous les problèmes fondamentaux de l'histoire de la Terre et de l'homme, et, je le crois, d'une manière plus approfondie et plus impressive, à raison du caractère très précis de la mesure numérique. Parmi les faits décisifs de nombre qu'il met en évidence, il suffirait de mentionner un seul résultat, capital dans l'ordre actuel des discussions scientifiques et dont la portée en toutes directions se mesure assez d'elle-même : En établissant que la fonction du temps qui sert de régulateur au fait cinématique de l'histoire n'est autre que la chronologie littérale du texte hébreu de la Bible, ce travail apporte la plus forte des preuves en faveur de l'autorité de ce document dans toutes les recherches concernant l'histoire physique de la Terre et de l'humanité. Il établit démonstrativement qu'accorder à ce document un poids nul ou dérisoire, c'est commettre l'erreur non consciente du calculateur qui, dans la recherche du meilleur résultat, considère comme négligeable l'observation dont le poids est, au contraire, caractéristique et déterminant.

C'est par leur caractère, non de déductions philosophiques, mais bien de faits mathématiques externes, par conséquent vérifiables pour tous, que je me sens autorisé à attirer sur ces divers points l'attention réfléchie des penseurs, en présentant aujourd'hui à l'Académie ce fruit d'un long labeur.

RAPPORTS.

Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De MM. Mansion, De Tilly et Le Paige sur la revision, par M. Barbarin, de son travail intitulé : *Études de géométrie analytique non euclidienne.* — Impression dans les *Mémoires* in-8° ;

2° De MM. Crépin et Errera sur une note préliminaire de M. Ém. De Wildeman, sur les *Algues rapportées par M. E. Racovitza, naturaliste de l'Expédition antarctique belge.* — Impression au *Bulletin;*

3° Des mêmes commissaires sur une note préliminaire sur les *Champignons recueillis par l'Expédition antarctique belge,* et déterminés par Mmes Bommer et Rousseau. — Même décision.

Le magnétisme exerce-t-il une influence sur les réactions chimiques ? par A. de Hemptinne.

Rapport de M. P. De Heen, premier commissaire.

« M. de Hemptinne montre, à l'aide d'une suite d'expériences bien conduites, que si le magnétisme doit vraisemblablement exercer une action sur les réactions chimiques, cet effet est trop faible pour être observé dans l'état actuel des choses.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'impression de ce travail dans les *Bulletins* de l'Académie. »

M. Spring, second commissaire, se rallie à cette proposition qui est adoptée par la Classe.

Le tracé de la pulsation artérielle chez le Chien;
par Léon Jacqué.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« L'auteur fait la critique des procédés employés par les physiologistes pour enregistrer les variations pulsatiles de la pression carotidienne chez le chien. Il a repris les expériences au moyen d'un sphygmographe à transmission contrôlé au préalable par la méthode de Donders.

Il constate de cette façon que le sphygmogramme carotidien présente un plateau systolique à trois ondulations positives *c d e, d* et *e* étant fréquemment plus ou moins réunis. La partie diastolique du sphygmogramme débute par l'ondulation dicrote *f* à laquelle fait suite une seconde onde diastolique *g* due sans doute à l'élasticité des parois artérielles.

Toutes ces ondulations diminuent d'importance à mesure que l'on s'éloigne du cœur, sauf l'onde *g*.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de l'intéressant travail de M. Jacqué et des graphiques qui l'accompagnent dans le *Bulletin* de la séance. »

M. J.-B. Masius, second commissaire, se rallie à cette proposition qui est adoptée par la Classe.

—

Sur la dissociation du pentachlorure d'antimoine ;
par le baron Marcel Nothomb.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« La dissociation du pentachlorure d'antimoine par la chaleur est un fait connu depuis longtemps, mais on ignore encore dans quelle mesure cette dissociation progresse quand la température s'élève. M. Marcel Nothomb s'est proposé de combler cette lacune de nos connaissances. A cet effet, il a déterminé la densité de vapeur du chlorure d'antimoine à des températures de plus en plus élevées, depuis 180° jusque 368°, et il a tracé le diagramme du phénomène de la dissociation.

Je propose l'insertion de la note de M. Nothomb dans le *Bulletin* de la séance. »

M. L. Henry, second commissaire, déclare se rallier complètement à l'avis de M. Spring. — Cet avis est en conséquence adopté par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

M. Renard donne lecture de la première partie d'un travail qu'il a fait conjointement avec M. H. Arctowski, sur les *Sédiments rapportés par la « Belgica »*.

M. Renard donnera lecture de la seconde partie dans la séance du mois d'octobre.

La Classe décide en principe l'impression au *Bulletin* de cette première partie avec la carte qui l'accompagne.

—

Les expressions correctes de la nutation eulérienne rapportée aux axes instantanés; par F. Folie, membre de l'Académie.

Il y a quatre ans, j'ai prouvé l'incorrection radicale des formules d'Oppolzer, d'après lesquelles la nutation eulérienne serait trois cents fois plus faible relativement à l'axe instantané que relativement à l'axe principal (1).

Dans une note assez récente, j'ai fait voir que son expression est bien plus compliquée par rapport au premier axe que par rapport au second (2).

Mais le procédé que j'ai suivi ne me satisfaisait pas encore entièrement, à cause des difficultés d'intégration qu'il présente et qui laissent toujours subsister quelques doutes quant à la rigueur des approximations.

J'ai évité ces difficultés et levé ces doutes de la manière la plus simple, c'est-à-dire en partant des expressions différentielles au lieu de partir des intégrales.

Et le résultat de cette nouvelle analyse, absolument

---

(1) *Vierteljahrschrift*, 1896. — *Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique*, 1897.

(2) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, mars 1899.

à l'abri de l'erreur que j'ai reprochée à Oppolzer, est le suivant :

La nutation eulérienne est, non pas trois cents fois plus faible, mais, au contraire, trois cents fois plus forte relativement à l'axe instantané que relativement à l'axe principal; elle renferme, de plus, dans le premier système, des termes proportionnels au temps, et qui affectent même l'heure sidérale.

Les astronomes seront stupéfaits de ces conclusions, qui sont radicalement opposées à celles sur lesquelles sont fondées les formules dont ils font usage, et qui confirment la thèse que je soutiens depuis dix ans (1) :

Le seul système qui puisse donner à l'astronomie sphérique des formules correctes est celui des axes principaux; c'est, du reste, le seul qui ait été employé par tous les géomètres qui ont traité *ex professo* la question du mouvement de rotation de la Terre : Euler, Laplace, Bessel, Poisson, Hopkins, Serret, Tisserand.

Je donnerai prochainement la démonstration fort simple des résultats que j'ai avancés ici.

On a déjà vu, au surplus, confirmée par les meilleures observations, l'existence de la nutation eulérienne (et de la chandlérienne) en ascension droite, existence incompatible avec les formules en usage (2).

---

(1) *Bull. astronomique*, 1890-1891. — *Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique*, 1891-1893. — *Acta math.*, 1892. — *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1892-1900.

(2) *Vérification pratique des formules du mouvement de rotation de l'écorce terrestre* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, octobre, 1899).

—

Sur la cause de l'apnée; par Léon Fredericq, membre de l'Académie.

§ I. — *La théorie chimique et la théorie nerveuse de l'apnée.*

Les expériences de Rosenthal (1) ont montré que le degré d'activité des centres respiratoires, et l'énergie de la ventilation pulmonaire qui en est la conséquence, sont réglés, à chaque instant, par les besoins respiratoires de l'organisme, et que c'est la qualité du sang qui circule dans la moelle allongée qui sert ici de régulateur. D'après Rosenthal, le stimulus, sous l'influence duquel les centres respiratoires de la moelle allongée fonctionnent, doit être cherché dans un certain degré de *vénosité* du sang qui les baigne.

Ainsi, toute cause tendant à exagérer la *vénosité* du sang augmentera l'excitation des centres respiratoires, d'où une ventilation pulmonaire plus énergique *(dyspnée)*. Inversement, si le sang qui baigne la moelle allongée est trop *artérialisé* (comme c'est le cas par exemple lorsqu'on pratique pendant quelques instants la respiration artificielle, en ayant soin de ventiler énergiquement le poumon), le stimulus physiologique des centres respiratoires faisant défaut, ceux-ci suspendent leur action et l'animal cesse momentanément de respirer : il est à l'état

---

(1) Rosenthal, *Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus vagus*. Berlin, 1862.

d'*apnée*. Mais si l'on cesse les insufflations, le sang reprend bientôt de lui-même son degré normal de vénosité, et les mouvements respiratoires se rétablissent, d'abord faibles et presque imperceptibles, puis ils reprennent peu à peu leur énergie normale *(eupnée)*.

Rosenthal et les physiologistes qui ont accepté ses idées sur la théorie du fonctionnement des centres respiratoires, attachent une importance capitale à la teneur du sang en oxygène dans la production de l'apnée. Les objections faites par Paul Hering (1), Hoppe-Seyler (2) et d'autres à la théorie chimique de l'apnée, portaient précisément sur la proportion d'oxygène contenue dans le sang dans les états d'*eupnée* et d'*apnée*. Hoppe-Seyler affirmait que le sang artériel est déjà, à l'état normal, fréquemment à peu près saturé d'oxygène, au moins en ce qui concerne l'oxygène fixé sur l'hémoglobine, et que par conséquent la ventilation pulmonaire la plus énergique ne pouvait guère augmenter cette saturation. Paul Hering avait trouvé que le sang artériel du chat ne contient, pendant l'apnée, pas plus d'oxygène (même moins) que chez les animaux respirant normalement.

Pflüger, soupçonnant quelque erreur dans les expériences de P. Hering, fit reprendre la question dans son laboratoire. Aug. Ewald (3) démontra, sous sa direction, que le sang artériel du Chien est, pendant l'apnée, tou-

---

(1) P. Hering, *Einige Untersuchungen über die Zusammensetzung der Blutgase während der Apnoë*. Dissertation. Dorpat, 1867.

(2) Hoppe-Seyler, *Ueber die Ursache der Athembewegungen* (Zeitschr. f. physiol. Chem., t. III, p. 104, 1879).

(3) A. Ewald, Arch. f. d. ges. Physiol., t. I, p. 100, 1868.

jours un peu plus riche en oxygène (0.1 à 0.9 % d'oxygène en plus) qu'immédiatement avant ou après l'apnée. Le sang apnoïque est à peu près saturé d'oxygène pour la tension que ce gaz possède dans l'air atmosphérique.

Mais s'il suffit d'augmenter de quelques pour cent la tension de l'oxygène dans le sang pour provoquer l'apnée, Hoppe-Seyler trouve inexplicable que l'apnée ne s'établisse pas d'emblée, au moins temporairement, lorsqu'on passe brusquement à la respiration d'oxygène pur ou à celle d'air comprimé. J'ai montré moi-même (1), par des expériences d'aérotonomètre, que, sous l'influence de la respiration de mélanges gazeux riches en oxygène, la tension de ce gaz peut atteindre 70 % d'une atmosphère dans le sang artériel du Chien, sans que l'animal montre de l'apnée. Tout au plus sa respiration est-elle un peu ralentie. Je crois donc pouvoir conclure, avec Hoppe-Seyler, que l'augmentation de la tension de l'oxygène du sang doit être un facteur insignifiant dans la production de l'apnée.

Citons aussi parmi les adversaires de la théorie chimique de l'apnée : Brown-Séquard (2), Marckwald (3), Mosso (4). Pour eux, la régulation normale de la respiration et l'explication de l'apnée n'ont rien à voir

---

(1) Léon Fredericq, *Ueber die Tension des Sauerstoffes im arteriellen Peptonblut bei Erhöhung derselben in der eingeathmeten Luft* (Centralbl. f. Physiol., p. 34, 1894).

(2) Brown-Séquard, Bull. Soc. Biol., pp. 135 et 156, 1871.

(3) Marckwald, *Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen* (Zeitschr. f. Biol , t. XXIII, pp. 149-284, 1886).

(4) Mosso, *Periodische Athmung und Luxusathmung* (Arch. f. Physiol., Suppl., pp. 37-116, 1886).

avec les gaz du sang. La théorie nerveuse de l'apnée attribue la cessation de la respiration à une inhibition réflexe des centres respiratoires, ayant pour point de départ l'excitation des nerfs sensibles, notamment ceux du poumon. Je me permets de renvoyer, pour l'historique détaillé de la controverse concernant les deux théories de l'apnée, et la bibliographie de la question, à mon article : « Apnée » paru dans le dictionnaire de physiologie de Charles Richet (vol. I, 630, 1895).

§ II. — *L'apnée par ventilation pulmonaire est due à la surartérialisation du sang qui circule dans la tête, comme le prouve l'expérience de circulation croisée.*

Les adversaires de la théorie chimique de l'apnée ont beaucoup insisté sur le fait que la distension mécanique du poumon, inséparable de toute expérience de respiration artificielle, est par elle-même une cause d'arrêt par inhibition de la respiration (excitation des fibres réflexes d'expiration de Hering et Breuer), arrêt qui simule l'apnée. Ils ont montré que la suspension de la respiration, par ventilation énergique des poumons, ne s'obtenait plus du tout, ou très difficilement, après la double section des pneumogastriques. On a, me semble-t-il, abusé de l'argument. Si l'on a quelque peine, dans ces conditions, à produire l'apnée chez le Lapin, l'expérience réussit au contraire très bien chez le Chien, malgré la double vagotomie. D'ailleurs, Bieletzky (1) a pu réaliser

(1) Bieletzky, *Zur Frage über die Ursache der Apnoë* (Biol. Centralblatt, t. I, p. 743, 1882).

l'apnée chez un oiseau, sans mettre en mouvement la cage thoracique, au moyen d'un courant d'air continu traversant les voies respiratoires.

J'ai, de mon côté, réussi à mettre le Chien en état d'apnée, en évitant toute action mécanique intéressant les poumons ou la cage thoracique. J'ai utilisé dans ce but l'expérience de circulation céphalique croisée que j'ai décrite en 1889 (1).

Deux grands chiens A et B, anesthésiés par la morphine ($^1/_2$ à 1 centigramme par kilogramme d'animal) et le chloroforme, sont attachés sur le dos et opérés de la même façon. Sur chacun d'eux, on fixe une canule métallique en T dans la trachée; on prépare les deux carotides primitives et une veine jugulaire; on lie de plus les vertébrales, ou mieux encore les sous-clavières près de leur origine; une des crurales est mise en rapport avec un manomètre à mercure, de manière qu'on puisse surveiller la valeur de la pression sanguine. On place une canule de verre droite dans le bout cardiaque de l'une des carotides, celle de gauche par exemple pour l'un des chiens A, celle de droite pour l'autre chien B. On fixe également des canules en T (canules François Franck) dans le bout céphalique de la carotide gauche du chien A et dans le bout céphalique de la carotide droite du chien B. Ces vaisseaux sont fermés, provisoirement, au moyen de pinces à pression. Lorsque toute hémorragie opératoire a cessé, on injecte par la jugulaire, dans la

---

(1) Léon Fredericq, *Sur la circulation céphalique croisée, ou échange de sang carotidien entre deux animaux* (Arch. de Biol., t. X, p. 127, aussi dans Trav. Labor., Liége, t. III, p. 1, 1889-1890).

direction du cœur, une solution de propeptone Grübler à 10 %, dissoute dans la solution physiologique (NaCl à 0.9 %), à raison de 20 à 25 centigrammes de propeptone par kilogramme d'animal, afin de supprimer la coagulabilité du sang.

On attend que la pression sanguine se soit relevée un peu avant de procéder à l'expérience proprement dite, qui consiste à relier le bout cardiaque de la carotide gauche du chien A avec le bout périphérique de la carotide droite du chien B (au moyen de tubes en caoutchouc remplis de sang) (1), et réciproquement. En même temps, on ferme l'autre carotide, qui jusqu'alors était restée perméable (la carotide droite de A, la gauche de B). A partir de ce moment, le chien A envoie son sang dans la tête du chien B; et, réciproquement, la tête du chien A reçoit son sang du corps du chien B. La circulation céphalique est croisée, et nous pouvons faire circuler dans la tête du chien A du sang plus ou moins artérialisé, en modifiant les conditions de la ventilation pulmonaire chez le chien B, et sans toucher au thorax du chien A, et réciproquement.

---

(1) Ces tubes en caoutchouc font communiquer la canule carotidienne centrale de l'un des chiens avec la branche latérale de la canule (en ⊣) céphalique de l'autre chien. La branche droite de cette canule en ⊣ sert à la sortie de l'air contenu dans les canules et les tubes en caoutchouc, au moment où l'expérience de circulation croisée va commencer. Cet air est expulsé à l'extérieur par le sang des animaux qui afflue dès qu'on lève les pinces à pression placées au début sur les bouts cardiaques et céphaliques des carotides. La branche droite, ouverte, des canules céphaliques en ⊣, porte un court tube en caoutchouc que l'on ferme dès que le sang commence à s'écouler à l'extérieur.

On pratique la respiration artificielle chez le chien B, de manière à exagérer la ventilation pulmonaire. Aussitôt le chien A diminue l'amplitude de ses mouvements respiratoires, pour se mettre au bout de peu de temps en apnée complète. L'apnée du chien A dure aussi longtemps que l'on continue la ventilation exagérée des poumons du chien B. L'apnée du chien A fera place à la respiration normale, ou même à la dyspnée, si l'on arrête la respiration artificielle chez le chien B. Les figures 1, 2 et 3 nous en montrent des exemples. La respiration des deux animaux était enregistrée au moyen de pneumographes.

On peut donc à volonté provoquer l'apnée chez le chien A, rien qu'en baignant ses centres respiratoires avec du sang surartérialisé provenant du chien B, et cela en dehors de toute action mécanique atteignant les poumons de A. Réciproquement, B présentera de l'apnée chaque fois que l'on pratiquera la respiration artificielle chez A, ou chaque fois que A respirera très profondément.

Il y a plus. Si ces animaux sont dans de bonnes conditions physiologiques (pression sanguine élevée, ligature des sous-clavières isolant efficacement la circulation céphalique de celle du reste du corps), l'établissement de la circulation céphalique croisée provoquera nécessairement, au bout de peu de temps, l'apnée chez un des chiens, A par exemple, et la dyspnée chez l'autre B, en dehors de toute intervention de respiration artificielle. Mais il sera facile d'intervertir les rôles et de provoquer la dyspnée chez A et l'apnée chez B, en prolongeant une expérience de respiration artificielle chez A.

L'expérience, telle que je viens de la décrire, résout

donc la question en faveur de la théorie chimique de l'apnée.

FIG. 1. — Graphiques respiratoires pris au moyen de deux pneumographes de Knoll, chez deux chiens A et B, pendant une expérience de circulation céphalique croisée. Le chien A, dont la tête ne reçoit que du sang noir venant du tronc de B, a une respiration dyspnéique (le pneumographe de A est au minimum de sensibilité). Le tronc de A envoie dans la tête de B un sang d'un rouge vermeil : aussi B est en état d'apnée permanente. Chaque fois que l'on pratique la respiration artificielle chez B, le sang que le tronc de B envoie dans la tête de A devient rouge et A cesse de respirer (apnée). La figure 1 montre trois de ces arrêts respiratoires provoqués chez A par l'arrivée du sang rouge venant de B. Si l'on prolonge un peu l'expérience de respiration artificielle, A restera en état d'apnée, mais B se remettra à respirer.

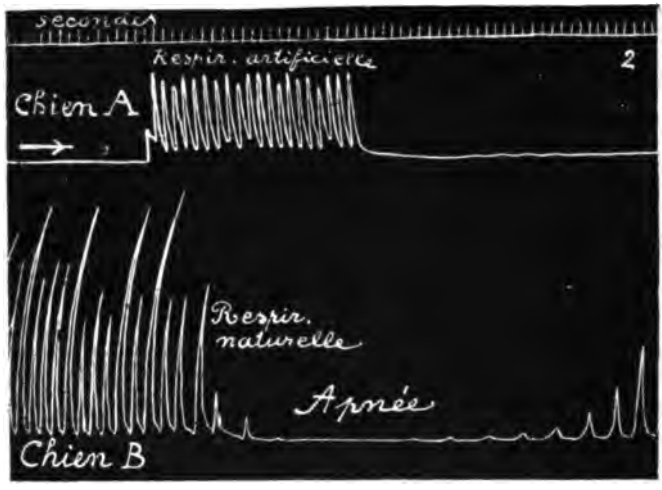


FIG. 2. — Circulation céphalique croisée. *Apnée* permanente chez le chien A. *Dyspnée* chez le chien B. On pratique la respiration artificielle chez le chien A : aussitôt la *dyspnée* du chien B fait place à l'*apnée*. On cesse la respiration artificielle chez A, B se remet à respirer. Si l'on prolongeait la respiration artificielle chez A, c'est A qui se remettrait à respirer, B restant à l'état d'*apnée*, comme le montre la figure 3.

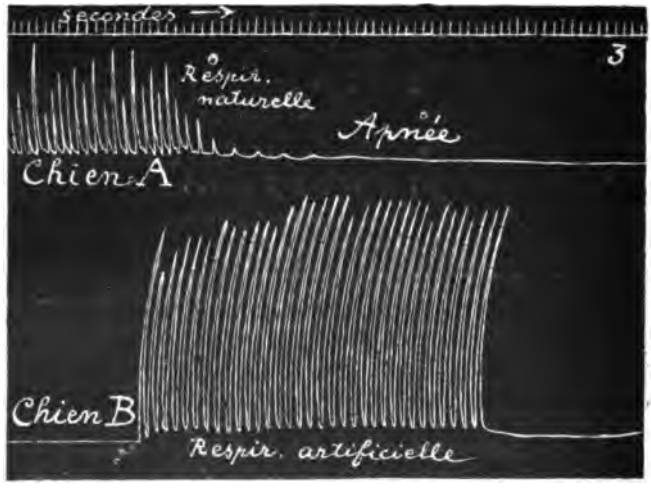


FIG. 3. — Circulation céphalique croisée. Graphiques recueillis chez les mêmes chiens que ceux de la figure 2. A la suite de la prolongation de la respiration artificielle pratiquée sur A, A s'est remis à respirer d'une façon dyspnéique, ce qui a provoqué chez B une apnée de longue durée. On pratique la respiration artificielle chez B : aussitôt A cesse de respirer (*apnée*).

§ III. — *L'apnée par surartérialisation du sang n'est pas due à une augmentation de tension de l'oxygène, mais doit être expliquée par la diminution de tension de* CO^2 *(réduite au moins de moitié).*

L'apnée par ventilation pulmonaire est donc bien due à la surartérialisation du sang. Deux facteurs pourraient être invoqués ici : l'augmentation de l'oxygène ou la diminution de l'acide carbonique du sang artériel. J'ai montré, par mes expériences d'aérotonomètre, que nous ne pouvons faire jouer à une augmentation de la tension de l'oxygène du sang le rôle prépondérant dans la production de l'apnée. Il ne nous reste donc qu'à examiner la part que peut y prendre la diminution de l'acide carbonique du sang, dont la plupart des expérimentateurs paraissent avoir fait abstraction (1).

La première question que nous devons nous poser est celle-ci : la tension de l'acide carbonique, ou sa proportion absolue, dans le sang qui baigne les centres respiratoires, est-elle diminuée d'une façon suffisante pendant l'apnée, pour expliquer la cessation du fonctionnement de ces centres?

Pour répondre à cette question, j'ai déterminé, au moyen de l'aérotonomètre, la tension de CO^2 dans le sang artériel du Chien, pendant l'apnée, pour la comparer

---

(1) Le rôle de l'acide carbonique comme excitant de la respiration *normale* a cependant été mis en lumière par Miescher-Rüsch et d'autres. Voir MIESCHER-RÜSCH, *Bemerkungen zur Lehre von den Athembewegungen* (ARCH. F. PHYSIOL., 1885, p. 265), et MAX ROSENTHAL, *Ueber die Formen der Kohlensäure- und Sauerstoffdyspnoë* (ARCH. F. PHYSIOL., Suppl. Bd, pp. 248-262, 1886).

à la même tension pendant la respiration normale. [Pour la description de l'aérotonomètre, et le procédé d'analyse des gaz, au moyen des pipettes et burettes de Hempel modifiées, voir mon travail (1).]

Mes expériences ont été faites sur des chiens de 10 à 25 kilogrammes, qui avaient reçu, en injection intraveineuse, 20 centigrammes de propeptone Grübler par kilogramme d'animal (2). Durée de chaque expérience d'aérotonomètre : vingt minutes (temps suffisant pour atteindre l'équilibre de tension, quand il s'agit de CO^2 du sang artériel. Au début de l'expérience, l'aérotonomètre est rempli d'air atmosphérique ordinaire).

Les expériences d'apnée alternent autant que possible avec les expériences de respiration ordinaire, à intervalles assez courts (dix minutes d'intervalle, par exemple). L'apnée était obtenue en faisant la respiration artificielle, au moyen d'un soufflet, mu par le pied d'un aide. L'air servant à la respiration artificielle était chauffé, en traversant un tube métallique, sous lequel brûlaient deux

---

(1) *Sur la tension des gaz du sang artériel et la théorie des échanges gazeux de la respiration pulmonaire* (ARCH. DE BIOL., t. XIV, p. 105, aussi dans TRAV. LAB., Liége, t. V, pp. 44-56, 1893-1895).

(2) Malheureusement il est indispensable, dans les expériences faites avec l'aérotonomètre, d'opérer sur des animaux dont le sang a été rendu incoagulable par une injection intraveineuse de propeptone, circonstance qui modifie les conditions d'absorption de CO^2 du sang, comme l'ont montré les travaux de Lahousse, de Blachstein et de Grandis. Voir LAHOUSSE, *Die Gase des Peptonblutes* (ARCH F. PHYSIOL., pp. 77-82, 1889). — BLACHSTEIN, *Die Verarmung des Peptonblutes an Kohlensäure* (ARCH. F. PHYSIOL., pp. 394-401, 1891). — GRANDIS, *Ueber den Grund der geringen Kohlensäuremenge im Peptonblute* (ARCH. F. PHYSIOL., pp. 499-531, 1891).

forts becs de Bunsen. La température de l'animal était d'ailleurs contrôlée par un thermomètre placé dans le rectum. L'aérotonomètre était maintenu à la même température que l'animal, c'est-à-dire à 38° environ.

Voici les chiffres trouvés :

Tension de CO^2 *dans le sang artériel du Chien, en centièmes d'atmosphère.*

A. — Chiens peptonisés respirant librement.	*B.* — Chiens peptonisés pendant l'apnée.
Chien I . . . . 2.28.	—
— II . . . . 4.16.	—
— III . . . . 2.96.	—
— IV . . . . 2.41.	—
— V . . . . 3.31.	—
— VI 3.6	—
— VII 3.9	—
— VIII. . . . 2.85.	—
— IX 1.7	—
— X 4.0	—
— XI 3.9	—
— XII 4.5	1.39
2.13.	0.71
— XIII. . . . 4.0	1.2
3.67.	1.05
— XIV.	1.37

La tension de CO^2, qui dépasse en moyenne 3 °/₀ d'une atmosphère chez le Chien peptonisé respirant librement, tombe à moins de la moitié pendant l'apnée.

J'ai déterminé également, sur deux chiens, la proportion absolue de CO^2 contenue dans le sang artériel pendant l'apnée (extraction des gaz du sang par la pompe à mercure). Ici il n'est pas nécessaire d'employer la propeptone, puisqu'il n'y a pas lieu de supprimer la coagulabilité du sang.

Voici les chiffres trouvés :

Cent volumes de sang contiennent chez le Chien non peptonisé :

	A. — Pendant la respiration ordinaire. Vol. CO^2.	*B.* — Pendant l'apnée. Vol. CO^2.
Chien *A*		25.4
Chien *B*	48.8	29.63
	43.5	31.8
	44	22.2

Ces chiffres sont un peu plus élevés que ceux qu'Ewald a publiés (voir le travail d'Ewald cité précédemment). Il avait trouvé pendant l'apnée : 15.6, 17.4, 13.1, 12.9, 14.4 et 6.5 centimètres cubes de CO^2 °/₀ dans le sang artériel contre 33.4, 32.4, 28.3, 35.1 et 26.35 de CO^2 °/₀ pendant la respiration normale.

Comme on le voit, la tension de CO^2, de même que la proportion absolue de ce gaz dans le sang artériel sont notablement diminuées, sous l'influence d'une ventilation énergique des poumons. C'est à cette diminution de la tension de CO^2 qu'il faut attribuer la cessation des mouvements respiratoires pendant l'apnée, puisque nous ne pouvons la rapporter à l'augmentation de l'oxygène.

§ IV. — *Les injections intravasculaires de soude sont impuissantes chez le Chien à augmenter l'alcalinité du sang et à y abaisser la tension de* CO^2. *Elles ne produisent pas l'apnée.*

Comme on l'a vu, c'est en procédant par exclusion, que j'ai été amené à attribuer l'apnée par ventilation pulmonaire à la diminution de CO^2 du sang. Mais j'aurais désiré trouver une preuve plus directe de l'intervention de ce facteur. Un moyen fort simple, semble-t-il, de diminuer temporairement la tension de CO^2 dans le sang, consiste à renforcer les affinités qui retiennent ce gaz, en augmentant l'alcalinité du sang par une injection intravasculaire de soude (1). J'ai tenté quelques expériences dans cette direction.

Un grand chien est anesthésié par la morphine (1 centigramme de morphine par kilogramme d'animal) et le chloroforme, et couché sur le dos dans la gouttière d'opération de Cl. Bernard. On fixe une canule en T dans la trachée. Les branches horizontales du T communiquent avec deux flacons laveurs, faisant office de valvules de Müller et séparant l'air de l'inspiration de l'air de l'expiration. L'animal fait son inspiration dans l'air extérieur : l'air de l'expiration traverse un compteur à gaz (compteur de la Dansk Maalerfabrik de Timms Sónner de Copenhague, permettant de mesurer le volume d'air qui traverse

(1) L'alcalinité normale du plasma sanguin de chien est d'environ 3 °/₀₀ de soude libre. En admettant qu'un chien de 13 kilogrammes contienne 1 litre de sang, il faudrait d'après cela injecter 3 grammes de soude pour porter du simple au double l'alcalinité de son sang.

les poumons de l'animal). On prend, sur le grand appareil enregistreur de Hering, un graphique respiratoire au moyen du pneumographe de Knoll, et un tracé de pression carotidienne au moyen du manomètre à mercure, outre un graphique du temps (horloge à secondes). J'injecte une solution de soude normale (40 grammes de NaOH, exempte de carbonate, par litre), diluée au cinquième par addition de 4 volumes de solution de NaCl à 1 °/₀ (de manière à former un mélange isotonique avec le plasma sanguin). La solution introduite dans une burette à robinet placée verticalement, s'écoule par son propre poids, quand il s'agit d'une injection dans la veine crurale : pour les injections à pousser dans le bout céphalique de l'artère carotide, la solution est mise sous pression (30 centimètres de Hg par exemple) au moyen de la pompe à mercure, dont le réservoir à gaz est relié par un tube de caoutchouc épais avec le haut de la burette. Le bec inférieur de la burette est relié par un tube de caoutchouc avec une canule métallique piquante (analogue aux canules de la seringue de Pravaz) que l'on introduit avec précaution à travers la paroi de la carotide jusque dans la lumière du vaisseau, de manière à ne pas interrompre le cours du sang. Il suffit d'entr'ouvrir le robinet de la burette pour que la solution pénètre dans l'artère et soit entraînée vers les centres nerveux.

Un aide note sur le papier enfumé de l'enregistreur les phases de l'injection, ainsi que les volumes d'air qui passent à travers le compteur, en imprimant au moyen d'un stylet, tenu entre les doigts, de petits chocs à la plume de l'horloge à secondes. Il inscrit, en regard de chacune de ces marques, le nombre de centimètres cubes de solution de soude au $^1/_5$ injectés, ou les litres ou demi-litres d'air respirés par l'animal.

En opérant de cette façon, on constate que l'injection d'une très petite quantité de soude (2 centimètres cubes), quand elle est faite rapidement, provoque des désordres graves du côté de la respiration et de la circulation. Poussée dans le bout céphalique de la carotide, l'injection exagère les mouvements respiratoires, qui deviennent à la fois plus profonds et plus nombreux, et fait monter la pression sanguine (action excitante directe de la solution corrosive sur les éléments nerveux des centres respiratoires et vaso-constricteurs). Si l'injection est de courte durée, l'accélération des mouvements respiratoires et la hausse de pression seront également passagères : puis survient une pause compensatrice, ou un ralentissement des mouvements respiratoires. Si l'injection est plus importante, la respiration pourra s'arrêter définitivement, et l'animal mourra. L'injection rapide de petites quantités de soude est tout aussi mal supportée dans la veine crurale et à plus forte raison dans la veine jugulaire : mais le danger est dans ce cas du côté du cœur. Les pulsations se ralentissent, deviennent intermittentes, et peuvent s'arrêter définitivement, d'où la mort de l'animal. Il s'agit évidemment d'une action directe de la soude sur le cœur, car les accidents se produisent encore après section des pneumogastriques.

Il faut donc injecter avec une grande lenteur, si l'on veut éviter les accidents aigus. Dans ce cas, les animaux supportent de grandes quantités de soude : on peut alors parfois constater la tendance à l'apnée, c'est-à-dire une diminution du volume d'air respiré. Mais, d'autres fois, il y a au contraire accélération, ou approfondissement des mouvements respiratoires, et augmentation du volume d'air respiré. L'expérience ne répond donc pas tout à fait aux espérances que l'on avait fondées sur elle.

L'action de la soude, comme absorbant de l'anhydride carbonique, se trouve compliquée et comme masquée par son action corrosive et excitante sur les éléments vivants.

Il y a un contraste marqué entre les effets pour ainsi dire foudroyants des injections rapides de soude, et la tolérance remarquable que montrent les animaux pour les injections de quantités considérables de la même substance, quand ces injections sont faites lentement. Ceci ne doit guère nous étonner. Les expériences de Fodera et Ragona (1) et d'autres, ont montré, en effet, que les injections de soude étaient impuissantes à augmenter durablement l'alcalinité du sang. Il semble que la soude soit neutralisée ou rendue inoffensive, à mesure qu'elle pénètre dans l'organisme. Une notable partie est certainement excrétée par les reins : j'ai constaté à l'autopsie de tous les animaux tués après injection de soude, que les urines étaient fortement alcalines (et parfois sanguinolentes).

J'ai examiné également la capacité respiratoire du sang vis-à-vis de CO^2, et constaté que l'injection de soude, même en quantité notable, avait à peine augmenté le pouvoir d'absorption du sang vis-à-vis de CO^2. Voici les chiffres des analyses :

Chien de 14 kilogrammes. Injection de 60 centimètres cubes au $^1/_5$.

Extraction des gaz du sang : 100 centimètres cubes de sang artériel contiennent : avant l'injection $54^{cc},6$; après l'injection $53^{cc},6$ CO^2.

---

(1) Fodera et Ragona, *Studie sull'alcalescenzia del sangue* (Arch. d. Farmac. e Terap., t. V, mai 1897. Anal. dans *Maly's Jahresber. ü. Thierchemie*, p. 225, 1897).

Chien de 17 kilogrammes. Injection de 350 centimètres cubes de soude au $^1/_5$, soit 70 centimètres cubes de soude normale, renfermant $2^{gr},8$ de KHO :

100 centimètres cubes de sang artériel contiennent : avant l'injection 42 centimètres cubes de CO^2; après l'injection $50^{cc},1$ de CO^2.

Nouvelle injection de 300 centimètres cubes de soude au $^1/_5$.

On saigne l'animal. Le sang est défibriné et soumis pendant une heure à un courant de CO^2. Deux échantillons de ce sang sont successivement prélevés et analysés par la pompe à mercure. Ils contiennent respectivement : $202^{cc},8$ et 202 centimètres cubes de CO^2, alors que du sang provenant d'une saignée faite avant la première injection et pareillement saturé de CO^2, contenait dans deux échantillons : $194^{cc},8$ et $195^{cc},2$ CO^2 °/₀.

Chien de 17 kilogrammes. Injection de 300 centimètres cubes de soude au $^1/_5$.

Extraction des gaz du sang : 100 centimètres cubes de sang artériel contiennent : avant l'injection $50^{cc},7$; après l'injection $54^{cc},1$ de CO^2.

Saignée mortelle. Le sang est saturé de CO^2.

100 centimètres cubes de sang saturé de CO^2 fournissent : 207 centimètres cubes de CO^2.

Sang recueilli avant l'injection, traité pareillement : $217^{cc},8$. Il ressort de ces chiffres qu'une injection de soude assez considérable n'a qu'une influence minime sur la quantité de CO^2 que le sang peut absorber, soit chez l'animal vivant, soit lorsqu'on le soumet à l'action d'un courant de CO^2. Cette injection ne peut donc pas avoir d'influence bien marquée sur la tension de CO^2 du sang, ni sur le degré d'activité des centres respiratoires ; et cette indifférence des centres respiratoires vis-à-vis des

injections alcalines ne peut fournir d'argument contre la thèse qui attribue la cause de l'apnée à la diminution de CO^2 du sang (1).

§ V. — *Conclusions.*

Il existe une apnée vraie, due à la surartérialisation du sang, comme le montrent les expériences de circulation céphalique croisée.

Cette apnée correspond à une augmentation si faible de la tension de l'oxygène du sang, qu'il est impossible de l'attribuer à cette augmentation.

On peut d'ailleurs, par la respiration de mélanges gazeux riches en oxygène, doubler, tripler, etc., la tension de ce gaz dans le sang artériel, sans provoquer l'apnée.

Il est bien plus rationnel d'attribuer l'apnée à la diminution de CO^2, diminution très marquée et portant sur la proportion absolue de ce gaz (diminuée parfois de moitié), ainsi que sur sa tension dans le sang artériel (également diminuée au moins de moitié).

Il n'est pas possible d'augmenter l'alcalinité du sang chez le Chien, d'une façon notable, par des injections intravasculaires de soude. Ces injections ne diminuent pas la tension de CO^2 du sang : on ne doit donc pas s'attendre à leur voir produire l'apnée.

---

(1) Cette résistance de l'organisme aux injections de soude est à rapprocher de la résistance que le Chien montre également vis-à-vis des injections acides. Schmiedeberg, Walter, Gäthgens... ont montré que l'acide injecté était neutralisé par de l'ammoniaque produite dans ce cas en quantité plus grande. Voir WALTER, *Untersuchungen über die Wirkung v. Säuren auf den thier. Organismus* (ARCH. F. EXP. PATH. U. PHARM., t. VII, p. 148, 1877). — WINTERBERG, *Zur Theorie der Säurevergiftung* (ZEITSCHR. F. PHYSIOL. CHEMIE, t. XXV, p. 202, 1898.

Sur la floculation des milieux troubles; par W. Spring, membre de l'Académie.

On sait que l'eau trouble ne se clarifie par le repos seul que si les particules qu'elle tient en suspension sont assez grosses; alors seulement le dépouillement du liquide commence par la partie supérieure et paraît se faire d'autant plus vite que les particules sont moins fines.

Il en est autrement lorsque le trouble est dû à une suspension de grains d'une ténuité extrême. Le repos seul ne suffit pas, le plus souvent du moins, pour clarifier rapidement le liquide; le trouble persiste pendant des mois et même, dans certains cas, indéfiniment, sans que son homogénéité paraisse atteinte.

On observe aussi que, dans ces conditions, la filtration au travers des meilleurs filtres de papier reste sans effet.

Le nombre de troubles de cette espèce, connus et en usage, est très grand : l'encre de Chine liquide, la plupart des solutions de couleurs à base d'aniline ou de substances azoïques, nous en fournissent des types complets.

Mais si l'immobilité ne suffit pas pour produire le dépôt des particules suspendues dans ces *pseudo-solutions*, comme on les a appelées aussi, l'addition d'une faible proportion d'un sel, ou d'un acide, ne manque jamais son effet. On voit alors des flocons se former et se grouper, parfois en filaments, plus souvent en amas irréguliers, pour gagner, peu à peu, le fond, si le liquide est de moindre densité que le solide, et la surface, dans le cas contraire.

Ce phénomène a fait l'objet de plus d'une étude, sans qu'on puisse dire qu'il se trouve aujourd'hui expliqué.

L'importance qu'il présente pour une foule d'applications de la chimie aux arts techniques, ainsi que pour l'étude de la formation des sédiments en géologie, a été mentionnée souvent déjà. Je me permettrai d'appeler encore l'attention sur une autre raison qui justifierait, à elle seule, sans doute, un complément d'examen.

Les recherches des bactériologistes ont fait voir que le *sérum* jouissait de la propriété d'*agglutiner*, de floculer certains micro-organismes. Plus particulièrement, le sérum d'un être immunisé contre une maladie déterminée aurait la propriété de *floculer* les microbes causant cette maladie, de sorte que la plupart des bactériologistes sont portés à trouver la cause d'une immunité spéciale dans la propriété spéciale du sérum d'agglutiner des microbes déterminés. Le fait paraît si constant qu'il semble même que le critérium le plus sûr dont on puisse se servir, à l'heure actuelle, pour découvrir la nature d'un microbe donné, par exemple d'un bacille typhique, serait sa *sensibilité agglutinative* à un sérum d'un animal fortement immunisé contre le typhus. La floculation des microbes reproduit, dans son *facies physique*, entièrement celle des milieux troubles. Le fait est évident pour toute personne qui a comparé les deux phénomènes à l'aide du microscope. Il est donc bien probable, sinon certain, qu'il y a des points communs entre eux. Pour les découvrir, l'étude des cas simples, purement physiques, présentera inévitablement plus de chances de succès que celle des cas compliqués de la bactériologie. Si l'on parvient à saisir la raison de la *floculation* dans ces conditions, on

aura certainement aidé les bactériologistes dans leur travail.

C'est cette pensée qui m'a engagé à reprendre l'étude du problème auquel il vient d'être fait allusion. Je dois le dire dès le début, je ne suis pas parvenu à dégager la raison première de la floculation; il n'entre donc pas dans mon intention de présenter ce travail comme une solution du problème, mais seulement comme une relation de faits qui pourront être utilisés un jour pour l'édification du résultat définitif.

Travaux antérieurs.

Les premières recherches sur la floculation datent déjà de près d'un demi-siècle. On trouvera, groupés dans l'ordre chronologique, à la fin de ces pages, sous la rubrique *Bibliographie*, les titres des travaux le plus en rapport avec notre sujet.

Rendre compte en détail de chacun d'eux nous obligerait à sortir des limites qu'il convient de donner à cet article. Je me bornerai donc à marquer, à grands traits, le point où la question a été portée aujourd'hui.

On l'a déjà dit plus haut, les milieux troubles, formés par la suspension de particules suffisamment petites, ne se clarifient que très lentement par le repos. La cohésion du liquide, ou sa viscosité, ne sont pas la cause première de ce fait; car si l'on diminue la cohésion par l'élévation de la température, on observe qu'il est des troubles qui ne se clarifient guère plus rapidement et qu'il en est d'autres, au contraire, qui se clarifient alors dans une mesure beaucoup plus grande que la diminution de la cohésion n'aurait pu le faire présumer. Des eaux troublées

par de l'argile abandonnent celle-ci, d'après Barus, environ vingt fois plus vite à 100° qu'à 15°. La *vitesse de la sédimentation* paraît donc dépendre de la nature des particules suspendues, ou, pour mieux dire, de leurs relations chimiques et physiques avec le liquide dans lequel elles se trouvent.

Mais si le liquide est de l'eau, on observe que tous les troubles, quelle que soit leur nature chimique, se clarifient en quelques instants après addition d'une quantité déterminée d'un acide fort ou d'un de ses sels (Scheerer). La clarification commence toujours par une *floculation;* c'est-à-dire que les particules suspendues se groupent d'abord pour former des *flocons* et ceux-ci se déposent ensuite ou gagnent la surface du liquide, selon que leur densité est plus ou moins grande, ou encore qu'il se développe des bulles de gaz pendant leur formation. On distinguera donc nettement *deux phénomènes successifs* et peut-être indépendants l'un de l'autre : *celui de la floculation* et *celui de la sédimentation*. Il y a lieu de croire que beaucoup de travaux exécutés en vue de mesurer la rapidité de résolution du trouble n'ont conduit à aucun résultat utilisable, parce qu'on a confondu ces deux phénomènes.

Barus a appelé, le premier, je crois, l'attention sur cette circonstance importante, que les *substances clarifiantes* sont des *électrolytes*. S'appuyant sur la théorie de l'électrolyse de Clausius, il attribue la cause de la sédimentation à l'énergie *intérieure* que les ions donnent aux liquides.

Plus tard, Bodländer a constaté que la proportion des acides ou des sels doit dépasser une certaine limite, très petite à la vérité, pour être opérante. Cette limite varie

avec la nature de la substance, avec l'espèce chimique de la matière troublante et avec la grosseur des particules. A titre de renseignement, disons que la limite d'action de l'acide chlorhydrique sur un trouble formé par du kaolin pur paraît atteinte quand la dilution de l'acide est de 1 sur 1,500,000 parties d'eau. Le même auteur constata aussi que toute substance soluble dans l'eau n'a pas le pouvoir de clarifier les milieux troubles : il en est qui sont sans action; il y en a même qui paraissent favorables à la conservation du trouble. A la première classe appartiennent tous les corps qui, dissous dans l'eau, sont des conducteurs électrolytiques, et à la seconde classe, tous les corps non conducteurs de l'électricité. La remarque de Barus se trouve donc confirmée. Pour s'expliquer ces phénomènes, on ne peut supposer, ainsi qu'on l'a fait, que, dans un milieu trouble, les particules seraient retenues parce qu'autour de chacune d'elles se formerait, par attraction chimique ou physique, une sphère de liquide condensé suspendue, à son tour, dans le liquide ambiant et que, par l'addition d'un acide ou d'un sel ayant pour l'eau une affinité plus grande, ces sphères condensées seraient détruites. En effet, on n'a observé aucune proportion rationnelle entre la matière solide qui se dépose et la quantité de sel ou d'acide en solution : la masse de kaolin déposée est presque dix mille fois celle du corps clarifiant. En outre, on ne connaît aucune raison pour laquelle les électrolytes seuls fonctionneraient de la façon indiquée; les solutions de sucre, etc., exercent aussi une attraction moléculaire sur l'eau qui les touche (pression osmotique), et cependant elles sont sans effet sur la clarification. Ces considérations montrent aussi qu'il est impossible d'admettre,

d'autre part, que la substance clarifiante exercerait une attraction moléculaire, une absorption, sur les particules du trouble.

Les recherches faites en vue de connaître le *pouvoir clarifiant relatif* de différents sels ont conduit à des résultats déconcertants, ne permettant d'entrevoir aucune relation simple, ni avec le poids ou le volume moléculaires des sels ni avec les caractères physiques de leurs solutions : constante capillaire, conductibilité électrique, etc. A titre de renseignement, il n'est pas inutile de citer quelques chiffres. Si, d'après les observations de Schulze, on pose le pouvoir clarifiant de l'iodure de potassium égal à l'unité, alors d'autres sels auront, sous le même poids, les pouvoirs clarifiants suivants vis-à-vis du sulfure d'arsenic colloïdal :

KI	1	Na_2SO_4	2.5
KCl.	2.5	$ZnSO_4$	60
$CaCl_2$	80	$Al_2(SO_4)_3$ . . .	957
$MgCl_2$	182	AC_2Cl_6	1518

Des relations semblables s'observent avec d'autres solutions colloïdes (voir Linder et Picton, Spring et De Boeck, Winssinger). Elles n'ont permis, jusqu'aujourd'hui, de tirer qu'une seule conclusion certaine, savoir que le pouvoir clarifiant des sels des métaux se distingue nettement d'après la valence des métaux, sans que, toutefois, il y ait une proportionnalité quelconque. Ainsi, si dans KI il y a une valence en activité, dans Al_2Cl_6 il y en a six, et cependant le chlorure d'aluminium produit un effet mille cinq cent dix-huit fois plus grand que l'iodure de potassium. Il y a donc là un point capital à élucider.

Nos connaissances en étaient là, lorsqu'une observation montra, de nouveau, que l'électricité n'est pas sans influence sur la floculation. Si l'on fait passer un courant par un milieu trouble ou par une solution colloïdale, on remarque qu'il se fait une clarification à l'une ou l'autre électrode, selon l'espèce chimique du trouble, tandis qu'une floculation se produit à l'électrode opposée. La matière suspendue se comporte comme si elle était repoussée par l'une des électrodes et attirée par l'autre. Cette observation a été faite successivement par Linder et Picton, A. Cœhn, O. Lehmann et par moi-même. J'ai montré que le courant électrique parvenait à débarrasser l'eau de toute particule suspendue, de manière à rendre le liquide *optiquement vide*. A. Cœhn a fait voir en outre, dans une étude faite à l'occasion de sa première observation, que le sens et la grandeur de la charge électrique qui se développe au contact de corps non métalliques, sont déterminés par la grandeur relative de leur constante diélectrique. Des corps à forte constante diélectrique se chargent *positivement* par leur contact avec des corps à faible constante diélectrique. Comme l'eau a, de tous les liquides, la plus grande constante diélectrique, elle sera toujours *positive* dans son contact avec d'autres corps. Par exemple, si l'on fait une *émulsion* d'essence de térébenthine dans l'eau, celle-ci cheminera vers le pôle négatif et l'essence vers le pôle positif. S'appuyant sur cette découverte de A. Cœhn, G. Bredig s'explique comme il suit la *floculation* d'un milieu trouble à la suite de l'addition d'un électrolyte :

« Si les particules en suspension, dit-il, ont une » constante diélectrique plus faible que l'eau, elles » devront se précipiter à la suite de l'addition d'*ions* qui

» engendreront, dans l'eau, un champ électrostatique.
» En effet, dans un tel champ se produiront toujours,
» dans le milieu entourant les ions, ceux des déplace-
» ments possibles qui augmenteront la constante diélec-
» trique; c'est-à-dire que, dans notre cas, l'eau et
» l'électrolyte dissous se sépareront des particules en
» suspension. Par contre, si un *non-électrolyte* se trouve
» dissous dans l'eau, les particules en suspension, char-
» gées électriquement, se repousseront mutuellement par
» rapport au dissolvant et se distribueront d'une manière
» égale dans l'espace, du moins autant que la pesanteur
» le permettra. »

Bien que la loi de Cœhn sur le développement de l'électricité ait trouvé, il y a peu de temps, une confirmation dans les travaux d'Ad. Heydweiller, il ne me semble pas certain qu'elle puisse vraiment servir à l'explication de tous les faits de *floculation* connus. En effet, Linder et Picton ont déjà observé que certaines *suspensions,* loin d'être repoussées en apparence par la *cathode,* le sont par l'*anode;* tel le *violet de méthyle.* J'en ferai connaître d'autres plus loin, de sorte que pour ces substances l'eau ne serait pas dans les conditions voulues.

Quoi qu'il en soit de cette difficulté, sur laquelle je ne veux pas trop insister, le déplacement des troubles sous l'influence de l'électricité, ainsi que leur *floculation,* rappelle une observation que R. Nahrwold a déjà faite en 1878, et qui a été confirmée depuis par O.-J. Lodge (1884) et R. Irvine (1889), savoir : la *floculation* presque instantanée des poussières ou des fumées suspendues dans l'air, dans le voisinage d'un conducteur chargé à un potentiel suffisamment élevé. J. Elster et H. Geitel ont attribué, récemment, la formation de la pluie, *la floculation des*

nuages, à une circonstance semblable. Nous verrons plus loin que, malgré une certaine ressemblance indéniable dans la forme, la floculation dans les gaz est autre chose que la floculation dans les liquides.

Une explication s'écartant de celle de Cœhn et de Bredig, surtout par sa simplicité, a été proposée récemment par J. Stark. Cet auteur attribue la floculation des troubles à des vésicules de gaz qui, se dégageant du liquide, s'attacheraient aux particules en suspension et, les mettant en mouvement, leur permettraient de former des flocons. Les vésicules de gaz se dégageraient du liquide parce que, à la suite de l'addition d'un sel, le liquide représenterait une solution sursaturée de gaz. Cette théorie a été réfutée récemment par G. Bredig (*), qui a montré surtout qu'elle ne dit pas pourquoi les électrolytes et les non-électrolytes se comportent d'une manière si différente. Tout en me ralliant à la manière de voir de Bredig, je dois dire néanmoins que la théorie de Stark a peut-être un fond de vérité. Nous aurons l'occasion de le voir plus loin.

Enfin, je mentionnerai encore que certains auteurs se sont demandé si la *persistance des troubles* n'était pas un effet du *mouvement brownien* (O. Lehmann, Bodländer, Maltezos) qu'exécutent les fines particules dans un liquide. La floculation serait alors la conséquence d'un arrêt du mouvement. Pour trancher la question, il faudrait nécessairement savoir si le mouvement brownien est en relation avec la conductibilité électrolytique. Nous n'en sommes pas là, d'autant plus que nos connaissances sur

---

(*) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. XXXII, p. 131, 1900.

l'origine du mouvement brownien sont encore fort obscures.

Tel est, à grands traits, le résumé que l'on peut faire des résultats et des opinions acquis aujourd'hui ; il suffit pour montrer que la solution du problème n'est pas encore fondée sur des matériaux suffisants. Je vais me permettre de passer à l'exposé de ceux que j'ai pu réunir.

*
* *

Du choix du milieu trouble.

Suivant Linder et Picton, il n'y aurait pas de différence essentielle entre les *suspensions* et les solutions dites *colloïdales;* elles ne différeraient les unes des autres que par les dimensions des particules suspendues.

Dans ces conditions, le choix d'un milieu trouble peut être secondaire pour les expériences de floculation dont il va être question. Mais il y a une distinction à faire entre les divers *troubles* que l'on peut préparer, distinction qui se rapporte à leur constitution et qui se traduit par un caractère bien différent.

En effet, si l'on soumet à l'évaporation spontanée, dans le vide sec, des *troubles* ou des solutions colloïdales de diverses espèces, on remarque que les unes laissent un résidu à cassure conchoïde *terne,* plus ou moins grenu, tandis que les autres en fournissent à cassure brillante, *vitreuse*, et généralement d'une grande solidité. On peut, sans doute, regarder les particules qui se trouvaient en suspension dans l'eau pour former les troubles de la seconde variété comme ayant encore entre elles une

certaine adhérence et comme formant, avec l'eau, une sorte de gelée extrêmement fluide, ou, si l'on préfère, une *membrane gonflée à l'infini* qui, par la dessiccation, ne *flocule* pas, mais se contracte de plus en plus jusqu'à laisser une pellicule ressemblant à un vernis ou à du verre. La matière des suspensions à résidus grenus serait, au contraire, composée de particules plus indépendantes. Une limite précise entre les deux cas qui viennent d'être cités n'existe naturellement pas : on peut observer tous les degrés intermédiaires.

On conçoit qu'au point de vue de la floculation, les milieux troubles se comporteront autrement selon qu'ils appartiendront à l'un ou l'autre type. Les *suspensions à résidus grenus* se clarifient, en effet, avec une bien plus grande vitesse sous l'influence des sels. On atteint, avec elles, au bout de quelques minutes, un résultat qui ne se produit chez les *suspensions à résidus vitreux* qu'après plusieurs jours. C'est que chez celles-ci, la formation des flocons est subordonnée, sans doute, à des *déchirures*, à des divisions dans l'adhérence des particules. Ce qui tend à prouver qu'il en est ainsi, c'est que quand elles ont floculé, il n'est plus possible de reproduire exactement l'état primitif du trouble par l'agitation comme on peut le faire au moyen des autres liquides. Le trouble formé ne reste plus en suspension aussi longtemps qu'auparavant, bien que toutes les autres conditions se trouvent les mêmes.

Les troubles à résidus grenus se forment facilement au moyen de kaolin, de silice, du carbone restant dans le traitement du marbre noir par les acides chlorhydrique et fluorhydrique, de sulfure de cuivre colloïdal, de sulfure de mercure; les autres se forment à l'aide des sulfures

colloïdaux d'arsenic, d'antimoine, de cadmium, d'étain, d'hydrate de fer colloïdal, etc., ainsi que des précipités obtenus en versant dans de l'eau des dissolutions alcooliques de gomme-gutte, de laque, de mastic, de benjoin.

Étant donné que les troubles à résidus vitreux se clarifient moins vite que les autres, ils se trouvent tout indiqués pour les recherches sur la floculation, puisqu'ils laissent le temps de l'observation. En outre, le moment où la floculation se produit est facile à saisir, le liquide devenant alors plus opaque. Les suspensions à résidu grenu ne présentent pas cet avantage; avec celles-là, il faut nécessairement prendre la *clarification elle-même* comme repère d'un essai, et l'on sait les mécomptes auxquels on s'expose quand il s'agit d'en reconnaître le commencement.

Enfin, comme il fallait, de toute nécessité, faire emploi d'une substance sans action chimique avec les acides et les sels à intervenir, le choix s'est porté, finalement, sur un trouble de résine. J'ai fait une solution de 4 grammes de mastic dans 100 centimètres cubes d'alcool dont je versais, lentement, 10 centimètres cubes dans un litre d'eau pure. Il se formait de cette façon un trouble blanc laiteux contenant $0^{gr},4$ de résine par litre d'eau. Finalement, pour éloigner des *grumeaux* qui auraient pu se former, le liquide trouble était filtré à travers un filtre en papier.

On peut constater très bien, à l'aide de ce trouble, la *solidarité* des particules à laquelle il a été fait allusion plus haut. A cet effet, il suffit de superposer, en s'entourant de toutes les précautions nécessaires, une couche épaisse de ce trouble (4 à 5 centimètres) à de l'eau pure qui se trouve dans un vase de quelques centimètres de

largeur. La résine mastic ayant une densité un peu supérieure à celle de l'eau (1.0665 à 20°), le trouble tend à descendre. Le lendemain, la surface de séparation des deux liquides, qui était plane, a pris la forme sphérique comme si le trouble avait gonflé uniformément. Un essai de contrôle, fait au moyen d'un trouble de silice très fine, a fait voir qu'ici les particules en suspension descendaient dans l'eau pure parallèlement à elle-même, ainsi que cela doit être dans le cas de leur indépendance complète. Cet état de gelée fine qui caractérise le trouble de mastic fait comprendre pourquoi le temps seul ne produit pas de clarification, tandis qu'un trouble de silice d'aspect aussi fin au début, sédimente au bout de quelques semaines.

De la floculation par l'action des acides et des sels.

On a vu plus haut que l'effet des sels ou des acides dans les milieux troubles ou dans les solutions colloïdales variait dans une mesure énorme, en dehors de toute relation avec les constantes chimiques ou physiques généralement considérées. On a pu remarquer seulement que les sels qui sont les plus actifs sont ceux qui dérivent de l'atome à valence plus élevée. Je me suis proposé, d'abord, de soumettre ce point à un nouvel examen.

Je me suis assuré que le *trouble de mastic* se comporte exactement comme une solution colloïdale sous l'action des sels ou des acides. Comme chez celles-ci, la floculation ne commence que si la concentration du sel dépasse une certaine limite variant grandement avec l'espèce de sel et aussi avec le degré d'intensité du

trouble. Par exemple, un trouble renfermant 0gr,2 de mastic par litre d'eau résiste à l'action du chlorure de potassium à la concentration de 0.5 %; tandis qu'un trouble renfermant 0.4 % de mastic se clarifie, dans les mêmes conditions, au bout de quelques jours.

Ces faits étant constatés, j'ai modifié les conditions des observations. Au lieu de mêler directement au milieu trouble la solution à essayer, ainsi qu'on l'avait fait jusqu'ici, j'ai superposé le liquide trouble à une solution concentrée des sels et j'ai laissé diffuser librement les liquides. La superposition des liquides ne peut, toutefois, pas être faite à la manière ordinaire, sinon il se produirait déjà un mélange assez notable des deux liquides pour fausser les résultats. On verse d'abord le liquide trouble dans un vase cylindrique en verre au fond duquel se trouve soudé un tube fin. Ensuite on fait arriver lentement, par celui-ci, la solution concentrée en prenant toutes les précautions voulues pour éviter les bulles d'air, jusqu'à ce que la solution de sel occupe une hauteur de quelques centimètres, le liquide trouble ayant, lui, une hauteur d'environ 15 centimètres.

La floculation commence bientôt et les flocons descendent jusqu'à la couche où il y a égalité de densité entre eux et le liquide. Au bout d'un même temps, on observe que les hauteurs jusqu'où la floculation a progressé, sont différentes. Elles ne sont pas en *rapport simple avec le coefficient de diffusibilité des sels* autant que nos connaissances sur la diffusibilité permettent d'en juger : on remarque que les sels dérivant des métaux polyvalents ont clarifié le trouble à une hauteur plus grande. Les sels colorés sont particulièrement utiles à

observer et donnent le mot de l'énigme. Par exemple au-dessus du sulfate de cuivre, le milieu trouble était floculé sur une hauteur de $11^{cm},5$, mais la couleur bleue du sulfate de cuivre n'avait monté que de quelques centimètres. A 7 centimètres de haut, il ne restait plus de doute sur l'absence de bleu. Il résulte donc de là que la floculation a lieu sur un espace d'au moins 4 centimètres, où il n'y avait plus de sulfate de cuivre. Pour contrôler cette conclusion, j'ai prélevé une prise de liquide, à l'aide d'une pipette, et j'y ai effectivement constaté l'*absence de cuivre* (à l'aide de K_4FeCN_6), mais, en revanche, la présence d'*acide sulfurique*.

Les autres sels ont été examinés de la même manière et j'ai chaque fois trouvé, au-dessus du chlorure d'aluminium, du chlorure ferrique, de l'alun, du chlorure de magnésium, du chlorure de zinc, *de l'acide libre*. La présence de cet acide a été aussi constatée directement à l'aide de la teinture de tournesol. J'ai prélevé ensuite, à l'aide de la pipette, le dépôt floconneux formé au-dessus de la solution concentrée de sulfate de cuivre et je l'ai lavé sur un filtre. Il était de couleur jaune verdâtre après lavage complet, et, touché avec une goutte de solution de sulfure d'ammonium, il a noirci aussitôt. Ceci prouve donc, d'une manière complète, que le sulfate de cuivre s'est décomposé pendant sa diffusion à travers le trouble; l'hydrate de cuivre a enrobé les particules de mastic et les a précipitées, tandis que l'acide sulfurique a agi, de son côté, *électrolytiquement*, comme nous le verrons plus loin.

La présence de l'alumine, des hydrates de fer, de zinc et de magnésium a été constatée également dans les flocons de mastic précipités par ces solutions.

Un point important à noter, c'est que si l'on agite directement le *trouble mastic* avec du sulfate de cuivre ou du chlorure d'aluminium, les flocons de mastic qui se forment alors ne retiennent ni hydrate de cuivre ni alumine; recueillis sur le filtre et lavés, ils ne donnent plus les réactions de Cu ou de Al. La décomposition des sels ne reste donc complète qu'à la condition que la diffusion intervienne et qu'en tout cas l'agitation ne remette pas la base et l'acide au contact.

Ces expériences montrent clairement que les solutions des sels polyvalents sont *hydrolysées* en solution diluée; le trouble mastic fait, en apparence, le même office qu'une paroi perméable, en ce sens qu'il retient les molécules d'hydrates pour se précipiter avec elles, tandis qu'il laisse passer plus facilement les molécules d'acides; enfin, dans la floculation des troubles, les sels des métaux polyvalents n'interviennent pas comme un tout indivisible, au contraire, la floculation dépend à la fois de deux facteurs, très énergiques tous deux, et doit donc être proportionnelle *à leur produit.*

On peut rendre très démonstratif le rôle intense que joue l'hydrolyse d'un sel dans le phénomène de la floculation.

J'ai montré, dans un travail antérieur (*), que l'on peut rendre visibles les particules d'hydrate résultant de l'hydrolyse d'un sel dissous, en faisant passer par le liquide un cône lumineux puissant. C'est, en somme, une application de l'expérience bien connue de Tyndall. Eh bien, si l'on éclaire, de cette façon, des solutions

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), pp. 300-315, 1899.

étendues de sels, on remarque que le cône lumineux qu'elles développent est tout à fait dans l'ordre de l'intensité de la floculation qu'elles exercent.

La floculation se ramène donc, dans une de ses parties, au phénomène connu depuis si longtemps sous le nom de *collage* et qui se manifeste sous des formes bien diverses. Ainsi, on sait que le charbon animal pulvérisé détruit aussi les solutions colloïdales. Le sérum de bœuf, qui donne un fort cône lumineux quand il est éclairé, coagule l'hydrate de fer colloïdal, même en solution étendue; il agit de même vis-à-vis d'autres hydrates colloïdaux. Ces précipitations des colloïdes par des corps indifférents ont été étudiées en détail par von Bemmelen, en 1888.

J'ai répété les expériences précédentes avec un milieu trouble formé de silice. Le résultat a été le même, mais sa constatation beaucoup plus difficile par suite de la rapidité de clarification de ce trouble.

*
* *

Les troubles et le mouvement brownien.

On a déjà pensé plus d'une fois à attribuer au mouvement brownien un rôle dans la conservation des milieux troubles. Il est, en effet, difficile de concevoir pourquoi les particules suspendues dans le liquide paraissent comme soustraites à l'action de la pesanteur. Les arguments qu'on a tirés de la viscosité du liquide et de l'exiguïté des particules ne peuvent qu'expliquer la lenteur de la chute et non la suspension indéfinie que l'on observe avec certains troubles.

Si, au contraire, les particules sont tiraillées incessamment, en tous sens, on conçoit qu'une *descente* puisse même être efficacement combattue, d'autant plus que le mouvement brownien, manifestation de ces tiraillements, n'a lieu que si les particules en suspension sont assez petites et si elles ne sont pas groupées en flocons.

J'ai essayé de voir, à l'aide du microscope, ce qui se produit quand le trouble reçoit une solution électrolytique.

Pour cela, j'ai déposé d'abord sur le *porte-objet* une goutte d'un trouble de *gomme-gutte*, ce trouble permettant de voir le plus facilement le mouvement brownien. Le grossissement de l'appareil était de 600 diamètres.

Dans ces conditions, le spectacle qu'on a sous les yeux donne bien à penser qu'une clarification n'est vraiment pas possible, tant les gouttelettes de gomme-gutte paraissent agitées en tous sens. Il est à noter que quand deux gouttelettes se beurtent, *elles rebondissent sans s'accoler;* il leur reste donc une couche liquide adhérente qui empêche le contact au moment du choc. Le spectacle dure des heures entières et ne se termine que par l'évaporation de la goutte.

Pour observer l'effet d'un liquide électrolytique sur le mouvement brownien, il faut prendre une précaution spéciale, sinon l'objet ne se trouverait plus *au point* au moment intéressant. On laisse tomber un couvre-objet sur la goutte de trouble provenant d'*eau pure* et de gomme-gutte, de manière que les coins du couvre-objet ne soient pas mouillés; et l'on fixe ces coins sur le porte-objet au moyen d'une goutte de paraffine fondue. On met ensuite l'appareil au point et l'on dépose sur l'un des

bords du couvre-objet une goutte d'une solution électrolytique. Par diffusion, celle-ci pénètre lentement dans le trouble. Au moment où les premières parties de l'électrolyte arrivent dans le champ du microscope, on voit les gouttelettes de gomme-gutte s'animer d'un mouvement de translation, cesser de rebondir à la suite du choc et former des chapelets irréguliers qui fuient dans la direction de la diffusion comme emportés par un torrent.

En un mot, l'électrolyte rend l'*agglutination* des gouttelettes possible, sans doute parce qu'il les dépouille de leur dernière couche de liquide et leur permet, de cette façon, d'arriver au contact réel.

Les milieux troubles dans un champ électrique.

J'ai rappelé, au début de cet article, que la loi de Cœhn sur le développement de l'électricité aussi bien que les essais d'*électrolyse* faits à l'aide de solutions colloïdales, avaient conduit à regarder les particules solides en suspension dans l'eau comme chargées d'électricité négative relativement au liquide et même à attribuer à cette charge électrique un rôle dans leur égale répartition dans le milieu.

Il devenait, en conséquence, intéressant de vérifier la possibilité d'enlever aux particules leur charge électrique et d'observer si, dans ces conditions, la *floculation* ne se produirait pas.

Tous les essais entrepris dans cette voie ont eu un résultat négatif, c'est-à-dire qu'ils n'ont jamais eu pour

effet la *floculation des troubles*. Il est donc superflu d'entrer dans le détail des opérations; je me bornerai à mentionner les expériences que j'ai faites.

Pour éviter les erreurs d'observation qui auraient pu résulter, dans le cas présent, de l'emploi d'un trouble d'une espèce unique, j'ai opéré, non seulement avec les troubles de mastic, de silice, dont les particules ne conduisent pas l'électricité, mais encore avec les solutions colloïdales d'argent, d'or et de platine obtenues par la pulvérisation de ces métaux sous l'eau, au moyen de l'arc voltaïque, suivant la méthode du Dr Bredig (*). La concentration a également été variée.

Les troubles ou solutions colloïdales ont été successivement exposés, pendant environ deux heures, aux rayons Röntgen, à l'influence d'une aigrette électrique, à l'action d'une machine de Holz et enfin au courant alternatif d'une forte bobine d'induction. Malgré la puissance de décharge de tous ces moyens, il ne s'est manifesté, dans aucun cas, le moindre changement dans les troubles.

Ces résultats négatifs ne sont pourtant pas sans utilité. Ils paraissent prouver au moins que la floculation au sein d'un diélectrique, tel que l'eau, se produit d'une manière tout autre que la floculation au sein d'un gaz. D'après les recherches de A. von Obermayer et von Pichler (**), qui ont répété les expériences de Nahrwold et de Lodge, la précipitation des poussières dans l'air serait causée, en partie seulement, par la charge électrique des particules

---

(*) *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1898, Heft 41.

(**) *Fortschritte der Physik*, t. XLI, (2), p. 558; 1885.

et en partie par le *vent électrique*. On conçoit que cette dernière cause ne trouve pas son équivalent dans le cas où le milieu est un liquide.

J'ai repris ensuite l'examen du cheminement des particules sous l'influence de l'électricité que j'avais observé, il y a peu de temps, indépendamment de A. Cœhn. Mon but était, à présent, de m'assurer si, véritablement, les particules en suspension sont généralement repoussées par la cathode. Le trouble était contenu dans un tube en verre, en U ; il était mis en relation avec une batterie d'accumulateurs de 20 volts et 8 ampères par des électrodes de platine à grande surface.

J'ai d'abord constaté que si l'une des électrodes plonge seule dans le liquide, le champ électrique qu'elle développe est absolument sans effet sur la floculation. En remplaçant même les accumulateurs par la source électrique de la Ville, qui a 110 volts, le résultat demeure également nul. Mais si *un courant* peut passer, quelque faible qu'il soit, la floculation commence et elle est déjà visible après environ une demi-heure. Si le trouble à essayer est fait au moyen d'eau bien pure, le courant produit par la batterie de 20 volts est si faible qu'on ne peut le mesurer à l'aide du galvanomètre horizontal n° 366 de Hartmann et Braun : l'aiguille de l'instrument se déplace à peine au moment de la fermeture du courant. Néanmoins, la floculation du trouble a lieu, bien que lentement. Il est donc prouvé, je crois, que la floculation n'est pas influencée par un champ stationnaire d'électricité, mais bien par le plus faible courant.

Le tableau suivant comprend, dans sa première colonne, les troubles qui paraissent repoussés par la cathode (qui

remontent le courant), et dans la seconde ceux qui sont repoussés par l'anode.

Troubles qui remontent le courant.	Troubles qui descendent le courant.
—	—
Argent colloïdal.	Hydrate ferrique colloïdal.
Or colloïdal.	Hydrate de cadmium.
Platine colloïdal.	Violet de méthyle.
Soufre.	Bleu de méthyle.
Sulfure d'arsenic.	Rouge de Magdala.
Sulfure d'antimoine.	Acide silicique.
Sulfure de cuivre.	
Sulfure de plomb.	
Sulfure de cadmium.	
Chlorure d'argent.	
Bleu d'aniline.	
Indigo.	
Vert de méthylaniline.	
Auréosine.	
Fuchsine.	
Mastic.	
Gomme-gutte.	

En conséquence, sur vingt-trois substances essayées, six ou environ le quart *descendent le courant,* c'est-à-dire que leurs particules ne se chargent pas nécessairement négativement par rapport à l'eau.

Picton et Linder avaient dit qu'en mêlant un trouble qui se clarifie à l'*anode* avec un trouble qui se clarifie à la *cathode,* il y a floculation. Ce fait tendrait à reconnaître une origine électrique à la floculation. Je dois dire, cependant, que je ne l'ai trouvé vérifié que dans le

mélange du *bleu d'aniline* et du *rouge Magdala;* quinze heures après le mélange, le liquide était clarifié. Ce fait, isolé, peut être aussi attribué à d'autres causes qu'à une cause électrique. Il convient donc de ne pas trop s'y arrêter.

* * *

Les milieux troubles et les électrolytes.

Au lieu d'opérer comme l'avaient fait Barus et Bodländer, c'est-à-dire de comparer la quantité de matière déposée par le milieu trouble avec le poids d'électrolyte qu'on lui avait ajouté, j'ai comparé directement la floculation dans des *milieux de même conductibilité électrique.*

La préparation de ces milieux est loin d'être commode; on y arrive cependant en opérant comme il suit :

Supposons, à titre d'exemple, qu'il s'agisse de préparer deux troubles de mastic de même conductibilité contenant, l'un de l'acide chlorhydrique, l'autre du chlorure de potassium.

On fera d'abord des solutions des deux électrolytes à des titres *approximativement* inverses à leur conductibilité électrique, en s'aidant, à cet effet, des tableaux de Kohlrausch (*). Ainsi, étant donné que les conductibilités électriques, en solutions à 10 %, des deux corps cités sont, respectivement, proportionnelles aux nombres

6302 et 1359,

(*) *Das Leitvermögen der Elektrolyten.* Leipzig, 1898.

et que, en outre, on parte d'une solution à 3 °/₀ d'acide chlorhydrique, on calculera le titre de la seconde solution d'après :

$$1359 : 6302 = 3 : x,$$

d'où

$$x = 13.91.$$

On prélève ensuite 50 centimètres cubes d'eau pure à l'aide d'une pipette et l'on y ajoute 2 centimètres cubes de la solution à 3 °/₀ d'acide chlorhydrique. On détermine alors, à l'aide de ce liquide, dans l'appareil de Kohlrausch (pont à rouleau), et en intercalant une résistance de 1000 ohms, le point où le téléphone de l'appareil ne chante plus. Ce point servira de repère pour ajuster l'autre liquide.

Comme ci-dessus, on ajoutera d'abord 2 centimètres cubes de la solution de chlorure de potassium à 50 centimètres cubes d'eau pure de même température que précédemment, et l'on essaiera le liquide dans l'appareil de Kohlrausch. On entend alors le téléphone chanter : c'est que la solution de chlorure de potassium conduit plus ou moins mal l'électricité que la solution type. Alors, en tournant le rouleau dans un sens ou dans un autre, jusqu'à ce que le téléphone *se taise*, on reconnaîtra si l'on doit diluer la solution de chlorure de potassium ou la concentrer davantage. On atteindra le but final, savoir une solution dont 2 centimètres cubes ajoutés à 50 centimètres cubes d'eau représentent un liquide d'une conductibilité donnée, par approximations successives.

Le résultat étant acquis, on ajoutera les 2 centimètres

cubes de l'une et de l'autre solution à des prises de 50 centimètres cubes de *trouble de mastic* (voir plus haut le titre) et l'on aura deux liquides dans les mêmes conditions de conductibilité. Au contrôle, à l'aide de l'appareil de Kohlrausch, le rouleau revenait au même point avec une approximation de trois à quatre divisions, ce qui, pour notre sujet, est tout à fait suffisant.

Mais il se présente une difficulté quand la conductibilité des électrolytes est très faible. Alors il n'est plus possible d'arriver à une concentration telle que 2 centimètres cubes de la solution équivalent à 2 centimètres cubes de la solution d'acide chlorhydrique. C'est surtout le cas pour les acides organiques (formique et acétique). Il faut alors, de toute nécessité, passer par des solutions qui, malgré leur concentration, obligeraient à ajouter un volume très fort aux 50 centimètres cubes d'eau, ce qui altérerait les conditions de la floculation. On tourne la difficulté comme il suit : 1° on fait une solution très concentrée de l'électrolyte et l'on détermine le volume V *d'eau* qu'il faut ajouter à un volume v de l'électrolyte pour que $V + v$ soient égaux à 52 centimètres cubes et qu'en même temps la conductibilité soit égale à celle de la solution type; 2° on fait un trouble de mastic à un titre concentré, connu, par exemple à 1.2 ‰ au lieu de 0.4; puis on calcule le degré de dilution auquel on doit le ramener pour que V centimètres cubes de ce trouble additionné de v centimètres cubes de l'électrolyte donnent 52 centimètres cubes de trouble au titre de 0.4 ‰ en usage dans tous les essais.

Par exemple, si V et v ont été trouvés respectivement égaux à 39 centimètres cubes et 13 centimètres cubes

pour que leur somme, égale à 52 centimètres cubes, représente un liquide de conductibilité voulue, on calcule comme il suit le volume de trouble mastic à 1.2 °/₀₀ qu'il faut prendre :

1000 centimètres cubes du trouble en usage contenant $0^{gr},4$ de mastic, les 52 centimètres cubes à former contiendront :

$$\frac{0.4 \times 52}{1000} = 0.0208 ;$$

or 1000 centimètres cubes du trouble concentré renfermant $1^{gr},2$ de mastic, $0^{gr},0208$ se trouveront dans :

$$\frac{1000 \text{ cc.} \times 0\ 0208}{1.2} = 17^{cc},3 ;$$

ces $17^{cc},3$ seront alors portés à 39 centimètres cubes par addition de $21^{cc},7$ d'eau, puis ils recevront les 13 centimètres cubes de l'électrolyte. Ce travail étant fait, on vérifie le résultat au moyen de l'appareil de Kohlrausch.

On le voit, ces opérations ne laissent pas que d'être très longues; ce n'est qu'au prix du temps que l'on peut arriver à réaliser cette double condition : *égalité de conductibilité électrique* et *égalité de concentration du trouble.*

Remarque sur la détermination de la floculation. — J'ai déjà dit plus haut que la clarification d'un trouble de résine mastic comprend deux parties distinctes : 1° la formation des flocons ou la floculation; 2° le dépôt des flocons. La seconde partie est soumise à diverses condi-

tions, notamment au degré *de fluidité* du liquide et à sa *composition chimique*. Ces derniers facteurs étant nécessairement différents, par suite de l'addition de sels et d'acides en quantités différentes au trouble qu'on examine, il va de soi que dans la comparaison des effets des électrolytes, on ne devra faire entrer en ligne de compte que ceux de la *première partie*, c'est-à-dire le temps compris entre le moment du mélange du trouble et de l'électrolyte et l'apparition des *flocons*. Celle-ci se reconnaît au changement d'aspect du trouble : de blanc bleuâtre qu'il était par réflexion de la lumière, il devient plus opaque et plus gris; à la longue, on distingue alors l'apparition de grumeaux.

Je passe à présent à la relation des essais.

1° *Essais d'électrolytes quelconques.*

Dans une première série d'essais, j'ai comparé la floculation produite par des électrolytes quelconques, mais, bien entendu, de même conductibilité.

Ont été mis en usage :

HCl	$BaCl_2$
H_2SO_4	$MgSO_4$
KCl	$Al_2(SO_4)_3$
K_2SO_4	Fe_2Cl_6
KCN	
$MgCl_2$	AC_2Cl_6

Les sels d'aluminium, de fer, de magnésium ont produit une floculation presque immédiate; les acides chlorhydrique et sulfurique ont opéré aussi avec rapidité, tandis que les sels de potassium n'avaient encore produit aucun effet visible après vingt-quatre heures. En un mot, il ne pouvait être question d'une *éga-*

lité dans la floculation. Comme dans les cas rappelés plus haut, les sels ne donnant pas des solutions *optiquement vides,* opèrent avec une vitesse considérablement plus grande que les acides qui déterminent cependant aussi une floculation rapide.

Ces essais démontrent que la comparaison de sels *s'hydrolysant* ne peut donner un résultat simple : l'attraction spéciale de la matière du trouble pour l'hydrate métallique formé, absorbe complètement, à elle seule, l'effet dû à l'électrolyte. Les essais utiles devront donc se restreindre aux sels alcalins ou aux acides. Le résultat des observations sera plus étroit, mais il donnera cependant quelques fruits.

2° *Électrolytes à ions métalliques.*

J'ai préparé les troubles de même conductibilité en faisant usage des *composés de potassium* suivants :

KCl	K_2SO_4
KBr	KNO_3
KI	$KClO_3$
KOH	KPO_3
KCN	HCO_2K

Cette fois, *la floculation s'est faite dans le même temps, autant qu'on en pouvait juger,* pour toutes les solutions excepté pour celles de KOH et de KCN. Ces exceptions sont-elles accidentelles ou réelles? Il importe de le savoir pour juger la portée du fait nouveau constaté.

A cette fin, j'ai préparé des troubles de mastic contenant respectivement des proportions croissantes : 0.5; 1; 2; 4; 8; 16 % de KOH ou de KCN, et je les ai abandonnées à elles-mêmes. Aucune de ces solutions n'a

donné des flocons; les inférieures ont, au plus, montré un peu plus d'opacité, tandis que les supérieures *se clarifiaient par suite d'une dissolution lente de la résine.* Après une dizaine de jours, la clarification était complète.

Il résulte de là que les solutions d'alcalis ou de sels dérivant d'acides très faibles apportent, de leur côté, un élément perturbateur dans les observations relatives à l'effet de la conductibilité électrique et qu'il faut les exclure comme les sels des métaux lourds ou polyvalents.

Si nous faisons donc abstraction du résultat fourni par KOH et KCN, nous arrivons à conclure que l'action des électrolytes est intimement liée à la nature de l'*ion métal* et *paraît indépendante de la nature chimique des anions* ou *ions métalloïdes,* ceux-ci pouvant différer sans que la floculation ait lieu, pour cela, dans un temps plus ou moins long.

A titre de contrôle, j'ai répété les observations précédentes sur une série d'électrolytes à base de Na (hormis NaOH et NaCN) ayant même conductibilité que la précédente. La vitesse de floculation a encore été la même pour tous les sels, mais, relativement à la série précédente, elle a été un peu plus lente. Ceci démontre bien que l'ion métal est doué d'un pouvoir *spécifique* sur la floculation.

3° *Électrolytes à ions H.*

J'ai fait ensuite des solutions troubles *acides,* de même conductibilité électrique, à l'aide de :

HCl	H_2SO_4
HBr	HPO_3
$HClO_4$	H_2CO_3
HNO_3	

Ces sept liquides ont floculé dans le même temps et considérablement plus vite qu'un essai *témoin* préparé au moyen de chlorure de potassium. Après une demi-heure, les flocons étaient formés dans les solutions acides, tandis que dans la solution de chlorure de potassium, bien que de même conductibilité, la floculation ne s'est faite que plusieurs jours après.

4° *Électrolytes à mêmes anions.*

Bien que les expériences précédentes montrent, autant que possible, que la floculation dépend surtout du *cathion*, j'ai tenu à vérifier le fait directement et j'ai comparé l'effet des électrolytes suivants :

HCl	KBr	$HClO_4$	H_2SO_4	HNO_3
KCl	$NaBr$	$NaClO_4$	Na_2SO_4	KNO_3
$CaCl_2$	$BaBr_2$	—	K_2SO_4	$NaNO_3$
$BaCl_2$	—	—	$MgSO_4$	—

Le résultat a été entièrement conforme à ce qu'on pouvait prévoir d'après les effets précédents : dans aucune des séries il n'y a eu égalité de floculation, bien loin de là. Ce fait paraît d'autant plus significatif que la vitesse des ions Cl, Br, ClO_4, NO_3 est près d'être la même, comme on sait. L'influence des cathions est donc vraiment prépondérante.

*
* *

Il découle de toutes ces observations que la conductibilité électrique ou l'ionisation n'est pas directement cause de la floculation, sinon des liquides ayant le même

nombre d'ions devraient produire un même effet. Mais on aura remarqué que, dans leur action *floculante,* les ions se rangent exactement dans l'ordre de *leurs vitesses de cheminement dans les électrolytes :* l'ion H marche le plus vite, puis vient K et enfin Na. Cette remarque peut être généralisée. En effet, j'ai comparé encore le pouvoir floculant de solutions de même conductibilité des *chlorures de potassium, sodium, rubidium, lithium, calcium* et *ammonium.* La vitesse de floculation a été effectivement dans l'ordre de la vitesse des ions, excepté avec le *chlorure de lithium* qui a accusé une vitesse plus grande que celle du chlorure de potassium, alors que, cependant, l'ion Li *chemine* moins vite que K. Cette exception peut sans doute trouver son explication dans la propriété que possède le lithium de réagir plus facilement avec l'eau pour former de l'acide chlorhydrique et de la lithine, de sorte que la vitesse plus grande constatée ici serait à attribuer à l'apparition d'un certain nombre d'ions H qui, effectivement, ont la plus grande vitesse.

*
* *

La plupart des observations précédentes ont été reprises au moyen de troubles de silice ou de kaolin; elles ont conduit aux mêmes résultats, mais moins nettement; ces derniers troubles ayant déjà, ainsi que cela a été dit plus haut, une tendance à la sédimentation spontanée et se clarifiant, en tous cas, beaucoup plus rapidement que les troubles de mastic.

*
* *

Si l'on se demande, à présent, quelle peut être la cause de la *floculation électrolytique* des troubles, je crois que l'on devra faire intervenir en première ligne la *vitesse* des ions, et en seconde ligne seulement, leur *nombre*. L'explication proposée par G. Bredig (voir plus haut) se rapporterait à l'effet du nombre des ions, mais la façon d'agir de leur *vitesse* demande encore à être éclaircie. A ce sujet je ferai mention d'une observation qui, si elle n'apporte pas avec certitude la solution désirée, me paraît la préparer.

On a vu plus haut que les troubles de résine, surtout, se comportent comme s'ils étaient une gelée extrêmement fluide. Cela étant, on peut concevoir qu'elles contrarient tout déplacement qui tend à se produire dans leur milieu; bref, elles peuvent présenter, quand elles sont mêlées d'un électrolyte, une résistance électrique plus grande que l'électrolyte supposé débarrassé du trouble. Toutes les tentatives que j'ai faites pour constater si vraiment il en est ainsi, ont échoué en faisant usage de *trouble mastic*, ou, du moins, les erreurs d'observation ont masqué le résultat. Supposant alors que la résistance électrique inhérente au trouble pouvait échapper aux moyens de mesure dont je disposais, j'ai préparé une solution de gélatine, assez épaisse, en vue de multiplier la résistance, si tant est qu'elle existe, et j'en ai comparé la conductibilité, après y avoir ajouté une quantité connue de solution de KCl, avec une solution du même sel dans l'eau pure, toutes autres conditions étant égales. J'ai

trouvé, cette fois, une augmentation de résistance (*). La solution sans gélatine présentait 699 ohms et la gelée 719 ohms, soit donc environ 2.9 % de plus.

Si l'on accepte ce résultat, on est conduit à regarder la solution d'un électrolyte comme douée de la faculté d'écarter les obstacles qui s'opposent au cheminement des ions à partir d'une certaine concentration ou conductibilité. La floculation des troubles serait alors à assimiler à une *précipitation physique* produite par l'altération des propriétés du liquide, par suite de la présence d'un électrolyte; altération d'autant plus profonde que la vitesse des ions serait plus grande.

Enfin, comme on a vu plus haut que l'électricité ne produit une floculation que si elle se trouve à l'état de *courant*, on est conduit à regarder un liquide électrolyte comme un milieu dans lequel il y a un transport continuel d'ions, puisque, dans un conducteur de cette nature, l'électricité n'est véhiculée que par les ions. Cette conclusion n'est certes pas en opposition avec la théorie cinétique de la matière et elle s'adapte très bien à cette circonstance que ce sont les ions qui marchent le plus vite qui floculent le mieux les troubles. Peut-être même l'apparition des gaz qui se dégagent si facilement autour des particules en suspension, que J. Stark (voir plus haut) a cru pouvoir leur attribuer la cause de la floculation, doit-elle être regardée comme un témoignage de ces courants intérieurs.

(*) Ce résultat est en contradiction avec des observations que j'ai lues il y a longtemps et dont j'ai perdu la trace, savoir : que la vitesse des réactions chimiques est aussi grande dans les gelées que dans l'eau.

Résumé.

Les résultats auxquels ont conduit ces recherches peuvent être ramenés aux points suivants :

1° Les solutions de sels qui ne peuvent être obtenues à l'état *optiquement vide,* ont un pouvoir floculant considérablement plus élevé que les solutions de tous les autres sels. La cause de cette énergie plus grande se trouve, d'une part, dans le pouvoir *agglutinant* des hydrates métalliques formés par l'action hydrolysante de l'eau; d'autre part, dans la forte action floculante des acides produits en même temps.

La floculation due aux hydrates est en relation étroite avec l'espèce de trouble, aussi bien qu'avec la nature chimique et physique des hydrates.

2° Les troubles se comportent jusqu'à un certain point vis-à-vis des solutions de sels à la manière d'une membrane; les sels les traversent *par diffusion* de façon que les corps doués d'une plus grande diffusibilité prennent de l'avance sur les autres, ou de façon que l'hydrolyse d'un sel en solution se marque par la progression de traces d'*acide* à travers le trouble, tandis que l'hydrate s'agglutine avec la matière troublante et forme des flocons qui se déposent.

3° Le *mouvement brownien* peut ne pas être étranger à la persistance des troubles extrêmement fixes. Les particules en suspension dans de l'eau *pure* peuvent se choquer, par suite du mouvement brownien, sans qu'elles ne s'agglutinent nécessairement; mais si l'eau contient un électrolyte, l'agglutination a lieu dès le contact, le

mouvement brownien cesse et les flocons formés se déposent.

4° La floculation ne se fait pas sous les actions électriques en état de produire la décharge à distance. Les *rayons Röntgen* et les *aigrettes* sont sans influence, ainsi que l'électricité développée dans une machine ou une bobine d'induction. La floculation dans les liquides ne peut donc être assimilée à la précipitation des poussières dans l'air.

5° Un *courant* électrique, quelque faible qu'il soit, produit la floculation. Celle-ci est d'autant plus rapide que l'intensité du courant est plus grande. Généralement la *clarification* du liquide commence à la cathode.

6° Des électrolytes de même conductibilité, mais de cathions et d'anions différents, ont une influence très inégale sur la floculation. Celle-ci ne dépend donc pas exclusivement de la conductibilité électrique.

7° Les électrolytes à même cathion (ion métal) produisent la floculation d'un trouble donné dans le même temps; l'espèce des anions ne joue donc qu'un rôle secondaire.

8° La vitesse de floculation dans divers électrolytes à même cathion est complètement dans l'ordre de vitesse de cheminement des cathions dans les électrolyses. Il paraît donc que la cause première de la floculation soit à trouver dans la vitesse des ions.

Institut de chimie générale de l'Université de Liége.
5 juillet 1900.

BIBLIOGRAPHIE.

1. Th. Schherer, *Einige Beobachtungen über das Absetzen aufgeschlämmter pulverformige Körper in Flüssigkeiten* (Pogg. Ann., t. LXXXII, p. 419, 1851).

2. Ch. Schlösing, *Sur la précipitation des limons par des solutions salines très étendues* (Comptes rendus, t. LXX, p. 1345, 1870).

3. R. Nahrwold, *Ueber die Luftelektricität* (Wied. Ann., t. V, p. 460, 1878).

4. Ad. Mayer, *Ueber die Einwirkung von Salzlösungen auf die Absetzverhältnisse thoniger Erden* (Beiblätter, t. III, p. 468, 1878).

5. H. Schulze, *Schwefelarsen in wässeriger Lösung* (Zeitschr. für prakt. Chemie, t. XXV, p. 431, 1882).

6. Id., *Antimonsülfür in wässeriger Lösung* (Id., t. XXVII, p. 320, 1883).

7. O. J. Lodge, *Wirkung der Elektricität auf staubige Luft* (Fortschritte d. Phys., t. XL (1), p. 473, 1884, et Id., t. XLI (1), p. 480, 1885).

8. J. Thoulet, *Attraction s'exerçant entre les corps en dissolution et les corps solides immergés* (Comptes rendus, t. XCIX), p. 1072, 1884, et t. C, p. 1002, 1885).

9. S. Arrhenius, *Ueber die innere Reibung verdünnter wässeriger Lösungen* (Zeitschr. für phys. Chemie, t. I, p. 285, 1887).

10. W. Spring et G. De Boeck, *Sur le sulfure de cuivre à l'état colloïdal* (Bull. de la Soc. chim. de Paris, t. XLVIII, p. 165, 1887).

11. W. Spring et De Boeck, *Sur un oxyde de manganèse soluble ans l'eau* (Id., t. XLVIII, p. 170, 1887).

12. C. Winssinger, *Sur l'état colloïdal* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique (3), t. XV, p. 257, 1888).

13. C. Barus, *Ueber das Setzen von feinen festen Massentheilchen in Flüssigkeiten* (Beiblätter, t. XII, p. 563, 1888).

14. J.-M. van Bemmelen, *Ueber die Natur der Colloidsubstanzen und ihren Wassergehalt* (Ber. d. chem. Ges., t. XXI, R., p. 826, 1888).

15. R. Irvine, *Bemerkung über die Verdichtung der Kohletheilchen im Rauch* (Chem. Centralbl., 1889 (2), p. 220).

16. N. Ljubawin, *Ueber das Gefrieren colloidaler Lösungen* (Deut. chem. Ges., t. XXII, R., p. 727, 1889).

17. C. Fuchs, *Scheinanziehungen und Scheinabstossungen zwischen suspendirten Theilchen* (Beiblätter, t. XIV, p. 469, 1890).

18. A.-J. Prange, *Ueber einen allotropischen Zustand des Silbers* (Ber. d. chem. Ges., t. XXIV (2), p. 69, 1891).

19. C. Barus et E.-A. Schneider, *Ueber die Natur der kolloidalen Lösungen* (Zeitschr. für phys. Chem., t. VIII, p. 278, 1891).

20. A. Sabanyew, *Versuch einer Classification der löslichen Colloïde* (Ber. d. deut. chem. Ges., t. XXIV (4), p 666, 1891).

21. G. Bodländer, *Versuche über Suspensionen* (Neues Jahrb. f. Mineralogie, t. II, p. 147, 1893).

22. O. Lehmann, *Ueber Sedimentation und Farbstoffabsorption* (Zeitschr. f. phys. Chemie, t. XIV, p. 157, 1894).

23. S.-E. Linder et H. Picton, *Solution and Pseudosolution* (Chem. Soc., t. LXI, p. 137, 1892, et t. LXVII, p. 63, 1895).

24. O. Lehmann, *Eine neue Erscheinung beim Durchgang der Electricität durch schlechtleitende Flüssigkeiten* (Wied. Ann., t. LII, p. 455, 1894).

25. W.-J. A. Blins, *Die scheinbare Kräfte zwischen festen in Flüssigkeiten schwebenden Körpertheilchen* (Beiblätter, t. XIX, p. 611, 1895).

26. C. MALTEZOS, *Sur le mouvement brownien* (COMPTES RENDUS, t. CXXI p. 303, 1895).

27. E MALVOZ, *Recherches sur l'agglutination du* bacillus typhosus *par les substances chimiques* (ANNALES PASTEUR, juillet 1897).

28. A. COEHN, *Ueber electrische Wanderung der Colloiden* (CHEM. CENTRALBLATT, p. 789 (2), 1897).

29. L. CRISMER, *Le mécanisme des précipitations physiques* (MÉMOIRES IN 8° DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t LVIII, 1898).

30. A. COEHN, *Ueber ein Gesetz der Elektricitätserregung* (WIED. ANN., t. LXIV, p. 217, 1898).

31. C.-E. LINEBARGER, *Koagulirungsgeschwindigkeit kolloidaler Lösungen* (ID., p. 6 (2), 1898).

32. W. SPRING, *De l'influence de l'électricité sur la sédimentation des liquides troubles* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (3), t. XXXV, p. 780, 1898).

33. G. BREDIG, *Darstellung colloidaler Metalllösungen durch elektrische Zerstaubung* (ZEITSCHR. FÜR ANGEWANDTE CHEMIE, Heft XLI, 1898).

34. J.-S. TOWNSEND, *Elektrische Eigenschaften frisch entwickelter Gase* (CHEM. ZTG REPERT., p. 141, 1898).

35. AD. HEYDWEILLER, *Ueber die Berührungselektricität zwischen Metalle und Flüssigkeiten* (WIED. ANN., t. LXVI, p. 535, 1898).

36. J. STARK, *Ueber Pseudofällung und Flockenbildung* (ID., t. LXVIII, p. 117, 1899).

37. J. STARK, *Ueber die Coagulation kolloidaler Lösungen* (ID., t. LXVIII, p. 610, 1899).

38. J. ELSTER et GEITEL, *La pluie et l'électricité atmosphérique* (REVUE SCIENTIFIQUE) (4), t. XIII p. 472, 1900).

—

Le magnétisme exerce-t-il une influence sur les réactions chimiques? par Alex. de Hemptinne.

Dans les réactions chimiques, on distingue les états d'équilibre et les phénomènes qui accompagnent les transformations ou vitesses de réaction.

Nous étudierons d'abord quelle influence le magnétisme peut exercer sur les équilibres chimiques.

Influence du magnétisme sur l'équilibre.

Les facteurs de l'équilibre dont on a le plus étudié l'influence sont la température et la pression.

Lorsque les systèmes sont soumis à certaines conditions de réversibilité, les lois de la thermodynamique nous permettent d'établir les équations générales qui régissent l'équilibre chimique. A priori, on ne peut pas dire d'une manière certaine si le magnétisme exercera une influence sur l'équilibre chimique. On peut établir des prévisions, mais la démonstration doit en être faite soit expérimentalement, soit mathématiquement, en se basant sur les lois générales connues qui relient l'action du magnétisme à d'autres phénomènes physiques.

En se basant sur le principe de l'équivalence, M. P. Janet (*) a montré que la chaleur de combinaison du fer est plus petite dans le champ magnétique que hors du champ. Il en déduit que la combinaison du fer doit

(*) *Journal de phys.*, t. VI, 2e sér., p. 286.

s'effectuer moins bien dans le champ qu'en dehors, mais il n'a pas considéré la question de l'équilibre qui nous intéresse et que nous étudierons ici d'une manière générale.

1° Considérons un système chimique non magnétisé en équilibre et soumettons-le à l'influence d'un champ magnétique; cela revient à transporter le système depuis l'infini jusque dans le champ. Si k_1, k_2 ... désignent le magnétisme moléculaire des substances réagissantes et k'_1, k'_2... ceux du produit de la réaction, le magnétisme total du système sera :

$$k_1 m_1 + k_2 m_2 + \cdots \qquad k'_1 m'_1 + k'_2 m'_2 + \cdots \qquad = M + M_1.$$

En approchant le système du champ magnétique, il y aura un travail positif, négatif ou nul effectué, suivant que $M + M_1 \gtreqless 0$; désignons-le par $F_{\mathfrak{C}}(M + M_1)$.

2° Il y aura une quantité de chaleur dégagée $q \gtreqless 0$ (effet Thomson). Cet effet dépend de l'intensité du magnétisme; il n'est appréciable que pour les systèmes très magnétiques, c'est-à-dire ceux contenant du fer; dans ce cas, $q > 0$; dans les autres cas, qui ne semblent pas avoir été étudiés expérimentalement, q peut être négligé. Nous désignerons le terme se rapportant à l'effet Thomson par $Fq\,(M + M_1)$.

3° La chaleur spécifique du système varie dans le champ magnétique dans le cas où le magnétisme varie avec la température. En effet, d'après Stefan (*), puisque le magnétisme du fer devient nul à une température très élevée, la chaleur spécifique du fer doit être plus grande dans le champ magnétique que hors du champ. Soit T le

(*) *Wien. Ber.*, 64 (2), p. 2117, 1871.

travail obtenu en laissant approcher un morceau de fer de l'infini entre les pôles de l'aimant; élevons sa température jusqu'à ce qu'il ne soit plus magnétisé. Si c' est la chaleur spécifique entre les pôles, on lui aura donné une quantité de chaleur $(T_1 - T)\,c'$ représentant un travail $E\,(T_1 - T)\,c'$. Éloignons le fer non magnétique à l'infini, ce qui ne demandera pas de travail; ramenons-le à sa température primitive. Si c est la chaleur spécifique hors du champ, on rendra une quantité de chaleur $(T_1 - T)\,c$ correspondant au travail $E\,(T_1 - T)\,c$. Par suite du principe de l'équivalence, on doit avoir

$$\mathfrak{T} - E(T_1 - T)c' + E(T_1 - T)c = 0,$$

$$c' - c = \frac{\mathfrak{T}}{T_1 - T}.$$

Le deuxième membre est positif; on doit donc avoir $c' > c$; la chaleur spécifique est plus grande dans le champ que hors du champ. Par un raisonnement analogue, on verrait que l'influence du magnétisme est nulle sur des corps dont le magnétisme ne varie pas avec la température, ou que la chaleur spécifique est plus petite dans le champ pour les corps dont le magnétisme croît avec T. Nous désignerons par $\Delta\,Fc\,(M)$ la variation de la chaleur spécifique avec le magnétisme. L'expérience nous apprend que le magnétisme temporaire du fer, du nickel et du cobalt croît d'abord avec la température, puis décroît aux températures élevées. Le magnétisme des sels de fer et des dissolutions décroît aussi un peu avec la température; enfin, pour les substances diamagnétiques, on a généralement trouvé que le diamagnétisme décroît également avec la température. Pour ces sub-

stances, il est aisé de voir que dans ce cas la chaleur spécifique est aussi plus grande dans le champ magnétique. On aura donc $\Delta\ F_c(M) \gtreqless 0$ d'après la température à laquelle on opérera.

4° Dans un milieu de perméabilité magnétique μ, le magnétisme exerce des pressions et des tensions données par la relation $\frac{\mu}{8\pi}a^2$. Ces tensions et ces pressions peuvent avoir pour conséquence une légère variation du volume, mais celle-ci doit être si faible qu'on peut la négliger. En effet, les pressions et les tensions ont été étudiées par Quincke; ces effets varient avec l'intensité du magnétisme; pour les gaz dont le magnétisme est presque nul, la variation du volume pourra être considérée comme nulle.

Pour les substances solides et liquides dont le volume ne varie qu'avec de très fortes pressions, on pourra également considérer la variation du volume sous l'influence du magnétisme comme nulle. Le terme $\Delta F_v(M)$ peut donc être négligé.

Imaginons le cycle suivant d'opérations :

I. Le système en équilibre chimique étant placé à l'infini, amenons-le entre les pôles de l'aimant : un travail positif s'effectuera, désigné par $F\mathfrak{S}\ (M + M_1)$.

II. Si l'on ne néglige pas l'effet Thomson, il y aura une chaleur dégagée $Fq(M + M_1)$.

III. Faisons varier l'un des facteurs de l'équilibre, la température par exemple, le magnétisme total du système deviendra

$$k_1(m_1 - \Delta m_1) + \cdots \quad + k'_1(m'_1 + \Delta m'_1) + \cdots$$

ou

$$M - \Delta M + M' + \Delta M'_1.$$

IV. Éloignons de nouveau le système à l'infini.

V. Ramenons-le à sa température primitive; soit Q la chaleur de réaction dans le champ magnétique et Q′ hors du champ, on aura :

$$F_{\mathfrak{C}}(M + M_1) - F_{\mathfrak{C}}(M - \Delta M + M_1 + \Delta M_1) \left\{ \begin{array}{l} \text{Pour le travail positif et} \\ \text{négatif effectué.} \end{array} \right.$$

$$F_q(M + M_1) - F_q(M - \Delta M + M_1 + \Delta M_1) \left\{ \text{Pour l'effet Thomson.} \right.$$

$$\Delta F_\sigma(M - \Delta M + M_1 + \Delta M_1)\Delta T \left\{ \begin{array}{l} \text{Chaleur en plus ou en} \\ \text{moins dans la réaction par} \\ \text{suite de la variation de la} \\ \text{chaleur spécifique dans} \\ \text{le champ.} \end{array} \right.$$

$$Q - Q' \left\{ \begin{array}{l} \text{Différence de chaleur} \\ \text{de réaction dans et hors} \\ \text{du champ.} \end{array} \right.$$

Le tout exprimé en travail doit donner :

$$F_{\mathfrak{C}}(M + M_1) - F_{\mathfrak{C}}(M - \Delta M + M_1 + \Delta M_1) + E\{F_q(M + M_1) - F_q(M - \Delta M + M_1 + \Delta M_1)\} \mp E\Delta F_\sigma(M - \Delta M + M_1 + \Delta M_1) + E(Q - Q') = 0,$$

ou

$$F_{\mathfrak{C}}(\Delta M - \Delta M_1) + EF_q(\Delta M - \Delta M_1) \mp E\Delta F_\sigma(M - \Delta M + M_1 + \Delta M_1) + E(Q - Q') = 0,$$

ou

$$(1). \quad Q' - Q = \frac{1}{E}F_{\mathfrak{C}}(\Delta M - \Delta M_1) + F_q(\Delta M - \Delta M_1) \mp \Delta F_\sigma(M - \Delta M + M_1 + \Delta M_1).$$

Les deux premiers termes du second membre sont, suivant les cas, positifs, négatifs ou nuls; le troisième est positif, négatif ou nul, suivant la température à laquelle on opère; on aura donc en général Q′ — Q différent de 0,

c'est-à-dire que la chaleur de réaction n'est pas la même dans le champ que hors du champ magnétique ; elle sera tantôt plus grande, tantôt plus petite, suivant la température à laquelle on opère et suivant le magnétisme du système.

L'équation générale de l'équilibre chimique est donnée par la relation

$$(2). \quad \ldots\ldots \quad \frac{dln\mathrm{K}}{d\mathrm{T}} = \frac{q}{\mathrm{RT}^2},$$

q est la chaleur de réaction et K le coefficient d'équilibre

$$\mathrm{K} = \frac{m'_1 m'_2 m'_3 \cdots}{m_1 m_2 m_3 \cdots};$$

si q varie sous l'influence du magnétisme, $dlnk$ doit également varier. L'équilibre du système se déplacera dans un sens que l'on pourra prévoir.

Soit

$$\Sigma k_1 + \Sigma k'_1 > 0,$$

c'est-à-dire que l'on a affaire à un système magnétique.

On peut encore avoir

$$\Delta \mathrm{M} \gtreqless \Delta \mathrm{M}_1.$$

1° Si $\Delta \mathrm{M} > \Delta \mathrm{M}_1$, ce qui revient à dire que par suite de la variation de l'équilibre le magnétisme total du système a diminué, les deux premiers termes du second membre de l'équation (1) sont positifs.

La valeur du terme

$$\Delta \mathrm{F}_e(\mathrm{M} - \Delta \mathrm{M} + \mathrm{M}_1 + \Delta \mathrm{M}_1)$$

dépend de la température à laquelle on opère; on aura le plus souvent

$$\Delta F_e(M - \Delta M + \Delta M_1 + \Delta M_1)$$

assez petit ou nul; par suite, $Q' - Q > 0$; dans ce cas, l'équilibre se déplacera dans le sens indiqué par la flèche

$$m_1 + m_2 + \leftarrow \cdots m'_1 + \cdots$$

2° Si $\Delta M < \Delta M_1$, c'est le contraire qui aura lieu.

3° Enfin si $\Delta M = \Delta M_1$, ce qui arrive généralement, si $\Sigma k_1 = \Sigma k_1'$, le magnétisme n'aura pas d'influence.

L'expérience a montré que dans beaucoup de cas le magnétisme des composés est égal à la somme du magnétisme des composants. Dans tous ces cas, l'influence du magnétisme est nécessairement nulle.

Enfin, on peut avoir un système

$$\Sigma k_1 + \Sigma k'_1 < 0,$$

c'est-à-dire dont l'ensemble est diamagnétique.

On pourra faire exactement de la même manière l'étude des variations de l'équilibre de ce système.

Ces différents cas comprennent celui où des éléments diamagnétiques donnent un composé magnétique, comme cela arrive pour le cuivre et le chlore diamagnétiques qui donnent du chlorure cuivrique magnétique.

Tâchons de déterminer approximativement par le calcul l'ordre de grandeur de l'influence possible du magnétisme dans le cas le plus favorable.

Laissons agir de l'acide chlorhydrique sur du fer doux placé dans un champ magnétique : de l'hydrogène se dégage et, si le système est complètement fermé, la

pression de l'hydrogène va en croissant à mesure que la réaction s'opère. L'équation (2) ne s'applique qu'aux systèmes réversibles. Pour que le système dont nous nous occupons puisse atteindre un état d'équilibre, il faut donc que, au moment où cet état est réalisé, un accroissement de la pression de l'hydrogène précipite du fer. Or, si pratiquement la chose n'a pas été réalisée et n'est sans doute pas réalisable, théoriquement elle est possible. En effet, comme Nernst (*) l'a montré, la position de l'hydrogène dans la série électro-chimique dépend de la pression qu'il supporte. On peut trouver, par le calcul, la pression pour laquelle l'hydrogène est en équilibre avec un métal et au-dessus de laquelle il le précipite de ses sels. La réaction qui nous intéresse peut donc être réversible et l'équilibre possible ; l'équation

$$\frac{d\ln K}{dT} = \frac{q}{RT^2}$$

est applicable.

La chaleur de dissolution du fer dans l'acide chlorhydrique est de

$$Fe + 2HClaq = FeCl_2aq + 2H + 21300 \text{ cal.}$$

Dans un système fermé où l'hydrogène se comprime, cette chaleur est encore plus grande d'une fraction correspondant au travail de compression de l'hydrogène.

Si 33 est le coefficient magnétique du fer, le travail nécessaire pour transporter une unité de volume de fer d'un point où le magnétisme est de 10,000 unités à

(*) *Zeitschr. für phys. Chem.*, 9, 1892.

l'infini, est de $\frac{33 \times 10^8}{2}$ ergs, d'où l'on déduit que pour transporter un équivalent de fer, il faut

$$\frac{56}{72} \times \frac{33 \times 10^8}{2} \text{ ergs, correspondant à 283 calories.}$$

En vertu du principe de l'équivalence, la chaleur de dissolution d'un équivalent de fer dans l'acide chlorhydrique placé dans le champ magnétique devra être diminuée de 283 calories. Nous négligeons l'effet Thomson et le magnétisme de la solution du chlorure ferrique. Si l'on tenait compte de ces influences, le chiffre 283 serait encore plus petit. On voit donc que, en se plaçant dans les conditions les plus favorables, l'influence du magnétisme sur la chaleur de réaction atteint à peine 1.3 °/₀ de la chaleur totale; c'est assez dire que directement, par l'expérience, étant données les difficultés expérimentales, on ne doit pas songer à déterminer l'influence du magnétisme sur l'équilibre chimique.

Indirectement, on peut essayer de le faire; on sait, par la théorie de Gibbs, que les substances chimiques sont en équilibre lorsque leurs potentiels chimiques sont égaux; toute cause qui fait varier ces potentiels fait varier l'équilibre. D'autre part, dans certaines conditions, la force électro-motrice des piles mesure directement le potentiel chimique des substances. Si donc le magnétisme a une influence sur la force électro-motrice d'une pile, il aura une influence sur l'équilibre chimique. M. Duhem a examiné la question théoriquement, il a trouvé que le magnétisme doit exercer une influence sur la force électro-motrice des piles, mais cette influence est très petite.

Un assez grand nombre de chercheurs ont fait des expériences sur l'influence du magnétisme sur la force

électro-motrice des piles; mais les résultats ne sont pas concordants, il y a trop de causes d'erreurs. D'après Bucherer (*), si deux électrodes identiques en fer sont plongées dans un sel neutre de fer, la force électro-motrice qui peut être provoquée par le magnétisme n'est pas supérieure à 0,00001 volt.

Ainsi, théoriquement, l'influence du magnétisme sur l'équilibre chimique est indéniable; pratiquement, son ordre de grandeur est trop petit pour pouvoir être constaté expérimentalement.

Influence du magnétisme sur la vitesse de réaction.

On a fait un assez grand nombre de recherches (**) dans le but de déterminer si le magnétisme avait une influence sur les réactions chimiques. La plupart de ces travaux, qui ne sont pas à l'abri de critiques justifiées, aboutissent à des résultats contradictoires. Un travail plus récent de Löb (***) mérite d'être signalé; l'auteur a étudié la vitesse de réaction dans le champ magnétique de quelques transformations chimiques judicieusement choisies; il a pris toutes les précautions pour éviter les erreurs d'expériences.

Les réactions étudiées ont été :

1° L'oxydation du sulfate ferreux

$$6FeSO_4 + KClO_3 + 3H_2SO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + KCl + 3H_2O;$$

2° La réduction du chlorure ferrique

$$2HI + 2FeCl_3 = I_2 + 2FeCl_2 + 2HCl.$$

(*) *Annales de Wiedemann*, 58, p. 564.

(**) Voir WIEDEMANN, *Électr. et magn.*, t. III.

(***) LÖB, *Amer. chem. Journ*, t. XIII.

Le magnétisme moléculaire du fer trivalent étant environ 25 % plus grand que celui du fer bivalent, l'auteur espérait constater, dans un champ magnétique puissant de 10,000 à 18,000 unités, une influence sur la vitesse de réaction ; un effet de ce genre n'a pu être constaté ; la seconde réaction a également donné des résultats négatifs.

Dans un assez grand nombre de réactions chimiques, les ions jouent un rôle considérable et interviennent souvent comme un agent catalytique, notamment dans la saponification des éthers, dans l'inversion du sucre de canne et d'autres réactions. On se représente généralement les ions comme des particules chargées d'électricité ; on sait, d'autre part, que le mouvement d'une particule électrisée dans un champ magnétique est influencé par celui-ci ; on pourrait donc s'attendre à voir le champ magnétique exercer une influence sur la conductibilité électrolytique des acides et par suite sur leur action catalytique.

Humurzescu a trouvé que, dans un champ de 4,000 unités environ, l'influence sur la conductibilité électrique n'est certainement pas supérieure à 0.01 de la conductibilité totale.

Nous avons répété ces expériences dans un champ de 30,000 unités environ, et nous n'avons pas pu constater d'influence appréciable. D'après ces résultats, il était à prévoir que l'influence sur l'action catalytique des acides serait nulle ; nous avons pourtant cru prudent de faire une série d'expériences directes parce que le champ magnétique aurait pu agir sur les ions d'une façon imprévue, la nature de l'action catalytique n'étant elle-même pas bien connue.

Les expériences ont été faites en prenant toutes les précautions possibles pour atteindre le plus grand degré d'exactitude. On met une certaine quantité d'acétate de méthyle dans une bouteille contenant 50 centimètres cubes d'une solution d'acide chlorhydrique $^1/_5$ normal. Après avoir secoué la bouteille, on en divise le contenu dans trois petits flacons plats d'un diamètre d'environ 7 centimètres et épais de 4 millimètres environ; les parois de ces flacons sont en verre très mince. Les bouteilles sont placées immédiatement en *d*, *e* et *f* dans une cuve très longue et plate (fig. 1); la bouteille *e* subit ainsi

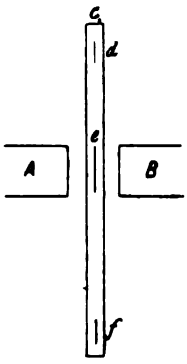


Fig. I

l'action d'un puissant électro-aimant, dont les pôles sont en A et B; *d* et *f* ne subissent qu'une faible action magnétique. Afin de maintenir autant que possible les trois bouteilles *d*, *e*, *f* à la même température et soustraire *e* à la chaleur dégagée par le courant électrique et le travail magnétique, on fait circuler dans *c* un fort courant d'eau de la ville : l'eau pénètre en *e* et sort en *f*; de plus, en *d* et *f* sont placés deux thermomètres de Beckman sur lesquels

on lit aisément les variations de température à un centième de degré près. Durant les expériences, la différence moyenne de température aux points *d* et *f* du bain n'a pas surpassé cinq centièmes de degré.

Au bout d'un temps suffisamment long, le contenu des bouteilles *d*, *e*, *f* a été titré.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Dans la première colonne se trouve indiquée la durée des expériences, l'unité de temps étant cinq minutes.

Dans la deuxième, la vitesse relative à la bouteille *d* calculée d'après la formule connue

$$k = \frac{1}{t} l \frac{A}{A - x}.$$

Dans la troisième, la vitesse relative à la bouteille *f*.

Dans la quatrième, la moyenne des vitesses des bouteilles *d* et *f*.

Dans la cinquième, la vitesse de la bouteille *e*.

Temps.	Vitesses.		Moyenne.	Vitesse de *e*.
—	*d*	*f*	—	—
190	173	171	172	170
237	171	167	169	168
285	163	161	162.5	164
276	299	293	296	293
456	308	305	306.5	302

Les écarts entre les chiffres des deux dernières colonnes sont moindres que les erreurs d'expériences. L'influence d'un champ magnétique de 8,000 unités environ sur l'action catalytique des ions est donc nulle.

Des expériences faites avec d'autres concentrations ont donné les mêmes résultats. Enfin, l'action du champ magnétique sur l'inversion du sucre de canne a également été trouvée nulle.

Il est à remarquer que, dans toutes ces expériences, nous nous sommes placé dans des conditions telles que les vitesses de réaction étaient très lentes; c'est-à-dire que par unité de temps l'énergie chimique développée était faible, comparée à l'énergie magnétique.

On se trouvait donc dans les conditions les plus favorables pour constater une action du magnétisme. Nous avons encore fait quelques expériences sur la vitesse de dissolution du fer dans le champ magnétique.

Nous ne donnerons pas la description détaillée de ces recherches, parce que nous avons constaté que les erreurs d'expériences sont trop grandes; en effet, la vitesse de dissolution des métaux est fortement influencée par toute cause qui en modifie plus ou moins la structure. Il y a donc, de ce chef, une influence beaucoup plus grande que celle qui pourrait résulter du magnétisme. Le magnétisme, dans ce cas, peut agir non pas sur la réaction chimique proprement dite, mais en modifiant la structure physique.

On peut encore se placer à un autre point de vue. Le magnétisme exerce, en effet, une action incontestable sur l'éther luminifère; les phénomènes de la polarisation rotatoire magnétique et celui de Zeeman le prouvent; d'autre part, la nature du mouvement vibratoire de l'éther exerce une influence plus ou moins notable sur les réactions chimiques; dans le cas des composés sensibles à la lumière, cette influence est très considérable.

Il ne serait donc pas étonnant de trouver que le champ magnétique exerce une action sur la vitesse d'une réaction chimique qui a lieu sous l'influence de la lumière; pour faire cette étude, nous avons choisi la combinaison du chlore et de l'hydrogène dont on peut mesurer la vitesse de réaction dans un photomètre de Bunsen.

Les recherches avec le photomètre de Bunsen présentent de grandes difficultés expérimentales; il suffit, pour s'en assurer, de lire les travaux de Bunsen et de Roscoe (*). On voit là quelles précautions minutieuses ces savants ont dû prendre pour obtenir des résultats constants. Ce n'est qu'après des études longues et laborieuses qu'ils sont parvenus à obtenir des mélanges de chlore et d'hydrogène dont la sensibilité pouvait servir à des mesures photométriques.

La difficulté provient de ce qu'un excès de quelques millièmes de chlore ou d'hydrogène dans le mélange fait déjà varier sa sensibilité de 25 à 30 %.

S'il est difficile de réaliser un photomètre convenable dans les conditions ordinaires, ces difficultés sont encore bien plus grandes dans le champ magnétique, où il faut se préserver de la chaleur dégagée par les pôles de l'aimant.

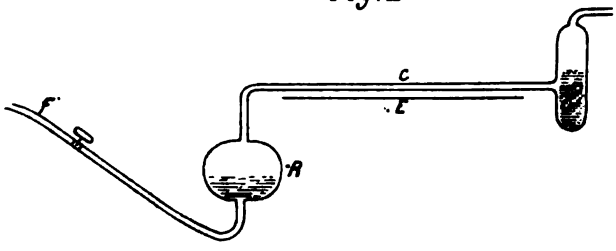
Pour opérer dans un champ magnétique aussi puissant que possible, nous avons fait construire un photomètre très plat, de manière à pouvoir opérer avec une distance polaire d'environ 10 millimètres. Le réservoir R du photomètre (fig. 2) est en verre très mince; il est plat et large d'environ 5 millimètres sur 70 millimètres de dia-

---

(*) *Annales de Pogg*, t. XCVI, p. 373; t. C, pp. 43, 481.

mètre. La partie R, qui se trouve placée entre les pôles, plonge dans une cuve en verre très plate; dans celle-ci circule un courant d'eau de la ville dont la température varie peu; de cette manière la température des gaz du photomètre reste invariable et n'est pas influencée par la chaleur dégagée par l'électro-aimant. Le tube F est relié par une pièce rodée à l'appareil à électrolyse qui dégage le mélange de chlore et d'hydrogène et aux autres appareils accessoires dont on trouve la description dans le travail de Bunsen et de Roscoe. Pour obtenir un mélange convenable, il faut faire circuler le mélange gazeux pendant plusieurs jours dans l'appareil. La lumière employée était un petit bec à acétylène alimenté par le gaz venant d'une cloche à pression constante; l'intensité de cette lumière peut être considérée comme pratiquement invariable pendant la durée des expériences.

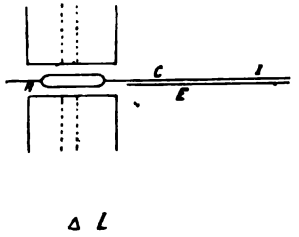
Fig. II



La lumière placée en L agit sur les gaz du photomètre placé en R entre les pôles par l'ouverture de 15 millimètres de diamètre indiquée en pointillé sur la figure 3 et qui perce les pièces polaires; ce sont les ouvertures qui servent pour les expériences sur la lumière polarisée;

toutes les autres parties de l'appareil sont préservées de la lumière diffuse.

Fig III



Malgré toutes les précautions que l'on prend, comme les conditions dans lesquelles on opère sont assez défavorables, on n'est jamais certain d'obtenir pour deux mélanges gazeux successifs une sensibilité identique; nous avons toujours fait une série d'expériences avec le même mélange.

Le bec à acétylène étant allumé, l'index liquide I se déplace avec une vitesse croissante qui devient constante au bout d'un certain temps. On observe la marche de l'index en comparant l'espace parcouru sur l'échelle E pendant un temps T. Lorsque ces espaces sont constants pendant le même temps, on lance pendant une période le courant électrique dans l'électro-aimant, on le coupe pendant la période suivante, et ainsi de suite; le mélange gazeux se combine ainsi pendant des périodes de temps égales alternativement dans le champ et hors du champ.

Les tableaux suivants résument les résultats.

Dans la première colonne se trouve indiqué le temps en minutes compté à partir du moment où les déplacements sont constants.

Dans la deuxième, on trouve le nombre de millimètres dont se déplace l'index I; la lettre E est placée en regard des chiffres qui se rapportent à la période pendant laquelle on a fait agir un champ de 10,000 unités environ.

Nous avons fait plusieurs séries d'expériences, chaque fois avec un nouveau mélange et en variant parfois l'intensité.

Première série.

Temps.	Déplacement.
2	57
4	56 E
6	56
8	55 E
10	56

Deuxième série.

2	64
4	63 E
6	62
8	65 E
10	61

Troisième série.

2	58
4	60 E
6	61
8	59 E
10	57

Nous avons également fait quelques recherches en employant de la lumière polarisée ; il suffit pour cela d'introduire un polarisateur dans la partie évidée du pôle B par où pénètre la lumière. Le polarisateur absorbant fortement la lumière, on doit opérer avec une intensité lumineuse plus forte. Les résultats obtenus se trouvent résumés dans les tableaux suivants :

Première série.

Temps.	Déplacement.	
—	—	
2	19	
4	20	E
6	20	
8	21	E
10	19.5	

Deuxième série.

2	29	
4	31.5	E
6	30	
8	31	E
10	33	

Les erreurs d'expériences peuvent atteindre 4 à 5 %; les écarts entre les chiffres obtenus pour les actions hors du champ et dans le champ magnétique n'atteignent pas 5 %.

Enfin, en modifiant un peu les appareils, nous avons encore fait une série d'expériences, en faisant agir la lumière perpendiculairement aux lignes de force du champ

magnétique. Nous ne donnons pas le détail de ces recherches, les résultats ayant également été analogues aux précédents.

De ces expériences on peut donc déduire que *le magnétisme n'exerce pas d'influence appréciable sur la vitesse de combinaison du chlore et de l'hydrogène sous l'influence de la lumière.*

Si, d'une part, l'action du magnétisme sur l'atmosphère d'éther qui entoure les molécules est certaine, et que, d'autre part, l'action de la lumière ou des perturbations d'éther exerce une influence incontestable sur certaines réactions chimiques, on peut être surpris de ces résultats, explicables si l'on admet que l'ordre de grandeur de l'action du magnétisme est petit comparé à celui des autres perturbations. Nous allons tâcher d'apprécier l'ordre de grandeur relatif possible des actions.

Considérons un gaz : le phénomène de Zeeman que l'on observe dans un champ magnétique assez puissant, nous montre une ligne spectrale dédoublée ; ceci résulte d'une modification dans l'indice de réfraction, conséquence de polarisation rotatoire droite et gauche. Le phénomène ne s'observe qu'avec une grande dispersion et la séparation des lignes est minime ; par conséquent, la modification de l'indice de réfraction n'est qu'une petite fraction de la réfraction totale. Zeeman a trouvé que pour un champ de 10,000 unités CGS on a

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{40000}$$

pour la raie D ; l'ordre de grandeur de l'influence sur les vibrations de l'éther est donc très petit.

On arrivera à la même conclusion en examinant de plus près le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique. La rotation, en effet, est proportionnelle à la couche de substance traversée; on peut donc en déduire approximativement l'ordre de grandeur de la rotation pour chaque molécule.

H. Becquerel, dans son étude sur la polarisation rotatoire des gaz dans un champ magnétique, a trouvé que les rayons rouges après un passage dans une colonne d'air de 27 mètres éprouvent une rotation de 6',17; les rayons verts 7',67. Supposons pour certains rayons une rotation de 10'. On peut calculer, au moyen de la théorie cinétique des gaz, que dans 1 centimètre cube à la pression de 76° centigrades de mercure, il y a approximativement 5×10^{19} molécules; par suite, qu'un rayon lumineux qui traverse 1 centimètre cube d'un gaz rencontre

$$\sqrt[3]{5 \times 10^{19}} = 3.68 \times 10^{6} \text{ molécules.}$$

Si 10' est la rotation pour une colonne de 2,700 centimètres, la rotation par molécule sera

$$\frac{10'}{3.68 \times 10^{6} \times 2700} = \frac{1}{973 \times 10^{6}}$$

ou approximativement une rotation d'un angle de $^1/_{108}$ minute. La perturbation que subit l'atmosphère d'éther de chaque molécule est donc d'un ordre de grandeur très petit. Il résulte de ces chiffres que nous ne devons donc pas trop nous étonner d'avoir obtenu des résultats négatifs. C'est sans doute pour le même motif que nous n'avons pas constaté d'influence du magnétisme sur la phosphorescence.

Nous conclurons donc que *si au point de vue théorique le magnétisme peut avoir une influence sur l'équilibre chimique et sur la vitesse de réaction, au point de vue expérimental l'ordre de grandeur de cette influence est trop petit pour pouvoir être observé.*

La règle précédente ne s'applique pas aux réactions qui s'effectuent sous l'influence des effluves électriques; dans ce dernier cas, la réaction s'effectue moins bien dans le champ magnétique parce que l'énergie électrique est affaiblie.

Gand, le 15 mai 1900

Le tracé de la pulsation artérielle chez le Chien; par Léon Jacqué, étudiant en médecine à l'Université de Liége.

I. — Introduction.

Lorsqu'on parcourt les nombreux travaux consacrés à l'étude de la pulsation artérielle, on est frappé de la diversité des tracés de pression publiés par les auteurs. Comparons, par exemple, les tracés de pression carotidienne ou aortique du Chien figurés par Fick (1), Hürthle (2), von Frey (3), Léon Fredericq (4), Ansiaux (5),

---

(1) *Arch. f. d. ges. Physiol.*, XXX, p. 600, 1883.

(2) *Arch. f. d. ges. Physiol.*, XLVII, pp. 1-17, 1890, et XLIX, 29-104, 1891.

(3) *Verh. d. IX. Congr. f. inn. Medic. u. die Unters. d. Pulses*, 1892.

(4) *Éléments de physiologie.*

(5) *Travaux du laboratoire de physiologie de Liége*, t. IV, pp. 131-158, ann. 1891-1892. Aussi dans *Arch. biol.*, XII, 611.

V. Willem (1), Bayliss et Starling (2), etc. : nous avons peine à croire que ces graphiques correspondent au même phénomène.

Cette diversité tient en partie sans doute aux différences individuelles des animaux qui ont servi aux expériences. Mais il est facile de se convaincre qu'elle dépend pour une part importante de la diversité des appareils employés pour recueillir les tracés de pression sanguine : à différentes reprises, j'ai exécuté l'expérience consistant à appliquer successivement chez le Chien, sur la même carotide, les manomètres de Fick, de Gad, de Hürthle, le tonomètre de von Frey et le sphygmoscope de Chauveau-Marey, et j'ai pu me convaincre que l'appareil employé est, en effet, pour beaucoup dans la forme du tracé recueilli. En soumettant ces différents enregistreurs à des variations de pression de valeur connue (établir plus ou moins brusquement la communication avec un réservoir d'eau situé à 1 à 2 mètres de haut), j'ai constaté également que tous ces appareils peuvent donner des courbes plus ou moins déformées par frottement ou par inertie.

J'ai songé alors à enregistrer la pulsation artérielle au moyen du sphygmographe à transmission aérienne, appareil dont il est facile de vérifier les indications par la méthode de Donders, et qui, d'après Donders, fonctionne d'une manière irréprochable lorsque les variations de pression ne sont pas trop brusques, et qu'il s'agit, par exemple, de recueillir des courbes analogues aux cardio-

---

(1) *Travaux du laboratoire de physiologie de Liége,* t. V, p. 87, ann. 1893-1895. Aussi dans *Arch. biol.,* XIV, 277.

(2) *Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol.,* XI, 1894.

grammes ou aux sphygmogrammes normaux. J'ai fait ces essais au moyen du « *contrôleur voor luchttransport* » de Donders, construit par Kagenaar d'Utrecht. Le maniement de l'appareil a été décrit en détail par Donders (1) et par Hürthle (2).

Les résultats que j'ai obtenus m'ont pleinement satisfait : ils sont identiques à ceux que Donders a obtenus avec le même appareil et qu'il a figurés dans son travail. Je crois donc que les tracés recueillis avec le sphygmographe à transmission sur les artères du Chien sont bien près de rendre exactement les différentes phases de la pulsation.

II. — Mode opératoire.

Toutes mes expériences ont été faites sur des Chiens anesthésiés par la morphine (1 centigramme par kilogramme d'animal) et le chloroforme, et couchés sur le dos, dans la gouttière de Cl. Bernard. L'artère (carotide, crurale, aorte abdominale) était mise à nu, isolée sur une certaine étendue et pouvait être fermée provisoirement par une pince à pression appliquée du côté périphérique.

La figure 1 représente la partie de l'appareil que l'on applique à l'artère. La plaque P est glissée sous l'artère : celle-ci vient se placer dans la gouttière *g* qui l'immobilise et lui fournit un point d'appui. La capsule à air C (à ressort intérieur) est abaissée graduellement, jusqu'à

(1) *Onderzoekingen*. Utrecht, 2de reeks, I, pp. 1-20, ann. 1867-1868.
(2) *Arch. f. d. ges. Physiol.*, LV, p. 323, ann. 1893.

ce que le bouton *b* vienne s'appliquer à la surface de l'artère, en la déprimant légèrement. On serre les vis *v* et *v'*, de manière à fixer la capsule C dans la position choisie. *t* communique par un tube de caoutchouc avec un tambour à levier (modèle Beer, construit par Castagna de Vienne), dont le style trace sa courbe sur le papier enfumé du cylindre enregistreur (kymographe de Ludwig, construit par Petzold de Leipzig), en regard de la courbe du temps (signal Marcel Deprez et lame vibrante de Kronecker, donnant quarante à cinquante interruptions à la seconde).

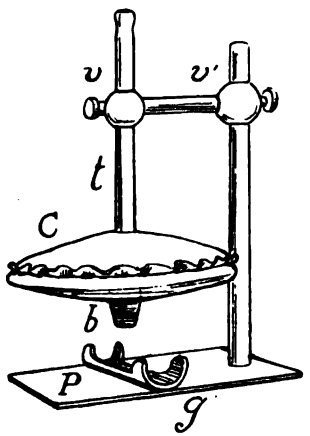


Fig. 1.

III. — Résultats obtenus.

Tracé de la carotide fermée périphériquement. — Le tracé de la pulsation carotidienne montre le plus souvent cinq ondulations positives *c, d, e, f, g*. Les trois premières

c, d, e sont systoliques, c'est-à-dire correspondent à la systole ventriculaire et s'inscrivent entre l'ouverture et la clôture des valvules de l'aorte. La première des trois ondulations systoliques est ordinairement la plus marquée : souvent sa durée est un peu moindre que celle de chacune des deux suivantes *d, e*. La seconde et la troisième ondulation systolique sont séparées l'une de l'autre par un creux peu marqué : elles forment un petit plateau ondulé.

Les deux dernières ondulations *f* et *g* du tracé carotidien correspondent à la diastole ventriculaire et s'inscrivent après la clôture des valvules sigmoïdes (comme le montre l'inscription simultanée du tracé du choc du cœur, recueilli à droite, ou le tracé de la pression intraventriculaire, recueilli au moyen de la sonde gauche de Hürthle ou de la sonde ventriculaire droite de Léon Fredericq).

La première *f* de ces deux ondulations diastoliques est souvent la seule qui soit bien marquée : elle correspond à l'ébranlement dû à la clôture des valvules sigmoïdes. La suivante *g* ne peut plus être rapportée à des phénomènes dépendant de l'activité systolique du cœur. Elle dépend sans doute de l'élasticité des parois artérielles : son amplitude paraît augmenter à mesure que l'on s'éloigne du cœur. Nous verrons qu'elle est très marquée dans la crurale et qu'elle s'y fusionne souvent avec l'ondulation *f*. (Voir les figures 2 à 8.)

Ce tracé carotidien typique à cinq ondulations correspond exactement aux tracés carotidiens publiés par Bayliss et Starling (les seuls tracés qui aient été recueillis au moyen d'un appareil excluant les effets de l'inertie).

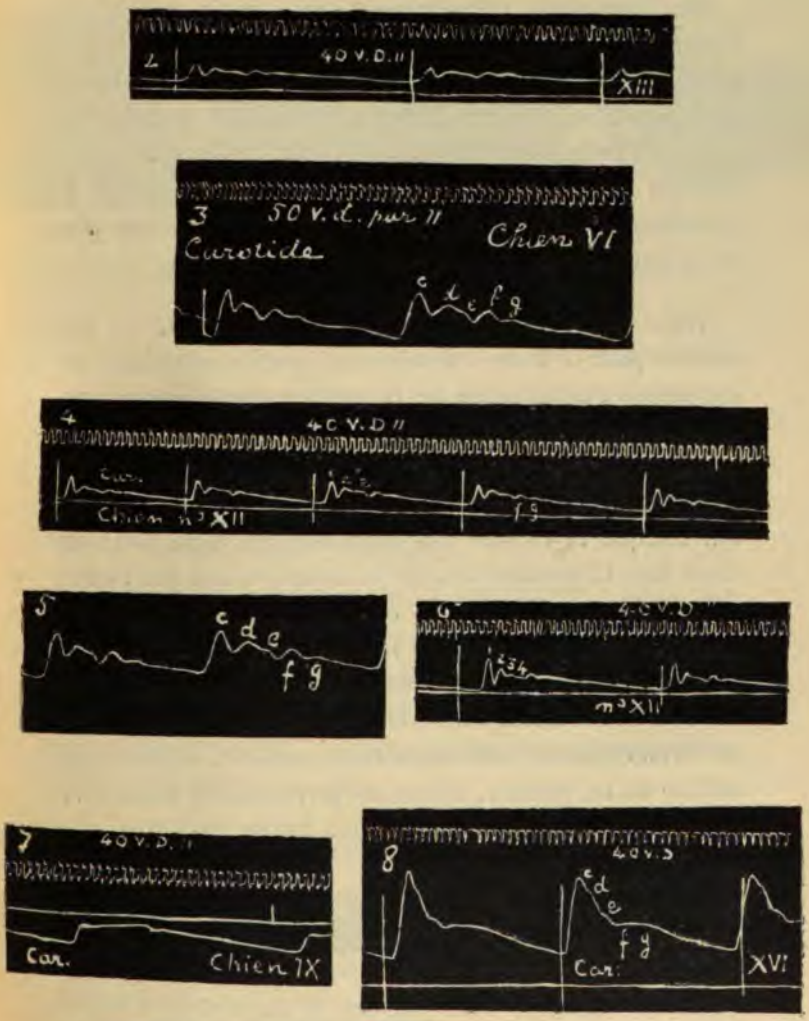


FIG. 2 à 8. — Différentes formes de pulsation carotidienne du Chien (carotide fermée) recueillies au moyen de l'appareil de la figure 1.
c, d, e, les trois ondulations de la portion systolique.
f, g, les deux ondulations de la portion diastolique.

On rencontre fréquemment des tracés carotidiens s'écartant un peu de ce type. J'en donne ici quelques exemples. La figure 6 montre une quatrième ondulation systolique. Sur la figure 7, on ne distingue guère que la première ondulation systolique; les suivantes *d, e* se confondent dans le plateau systolique. Sur la figure 8, la première ondulation *c* est à un niveau beaucoup plus élevé que les suivantes.

Tracé de la crurale fermée périphériquement. — Ici, comme pour le tracé carotidien, la portion systolique de la pulsation est séparée de la portion diastolique par un creux, le plus souvent nettement accentué. Ce creux suit le début de la pulsation, avec le même intervalle de temps que dans le tracé carotidien. Cette onde négative qui marque la clôture des sigmoïdes chemine donc du cœur vers la périphérie, avec la même vitesse que l'onde principale systolique *c, d, e*. La portion systolique du tracé crural montre parfois les trois ondulations *c, d, e*. (Voir figures 9 à 11.) Le plus souvent, les ondulations *d* et *e* sont fusionnées entre elles : *c, d, e* peuvent même ne former qu'une seule ondulation positive, formant une colline ou un plateau, dépassant fortement en hauteur la portion diastolique du tracé. (Voir figures 12 à 15.)

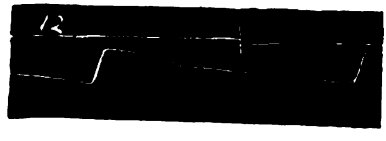


Fig. 9 à 15. — Différentes formes de pulsation crurale chez le Chien.
c, d, e, portion systolique.
f, g, portion diastolique.

La portion diastolique du tracé est, dans la crurale, située à un niveau relativement moins élevé que dans le tracé carotidien : aussi cette portion n'est-elle pas si inclinée vers le bas que pour la carotide. Elle peut également montrer deux ondulations *f* et *g*. *f* et *g* sont souvent fusionnées ensemble. L'ondulation *f* n'est pas toujours visible; l'ondulation *g* acquiert au contraire, dans la crurale, une importance qu'elle n'avait pas dans le tracé carotidien. *g* paraît donc se développer à mesure que l'onde pulsatile progresse dans les artères. (Voir figures 9 à 14.)

Tracé de l'aorte abdominale. — Ces tracés sont intermédiaires comme forme et allure entre ceux de la carotide et ceux de la crurale. Les trois ondulations du plateau systolique sont plus ou moins fusionnées. Des deux ondulations de la portion diastolique, c'est souvent la seconde qui est la mieux marquée. (Voir figures 16 à 19.)

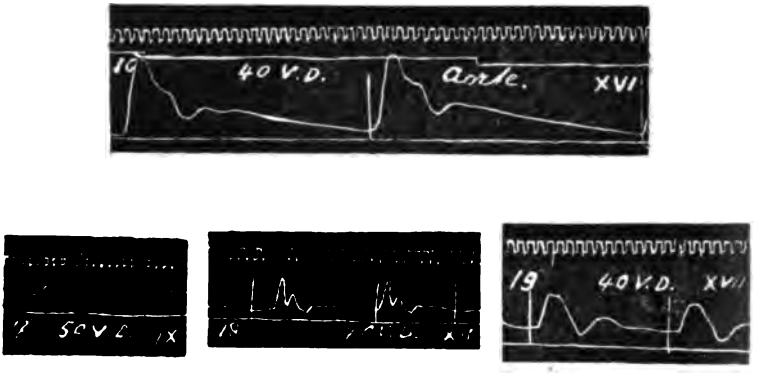


Fig. 16 à 19. — Différentes formes de pulsation aortique chez le Chien.

IV. — Conclusions.

Le sphygmographe à transmission donne des tracés semblables à ceux que fournit l'appareil de Bayliss et Starling, appareil exempt des effets de l'inertie.

Le sphygmogramme de la carotide fermée montre un premier groupe de trois ondulations systoliques, positives, *c, d, e,* plus ou moins fusionnées, séparé d'un second groupe de deux ondulations diastoliques *f, g* par un creux (creux marquant la fin de la systole et le début du dicrotisme).

Les ondulations systoliques *c, d, e* et la première ondulation diastolique *f* ont une tendance à s'atténuer, à s'user dans leur transport entre la naissance de l'aorte et la crurale.

g augmente d'importance à mesure qu'on s'éloigne du cœur (ondulation due à l'élasticité des parois artérielles?).

Toutes ces ondulations cheminent du cœur vers la périphérie. La vitesse de propagation de *g* paraît moindre que celle de *c, d, e, f.*

(Travail de l'Institut de physiologie de l'Université de Liége.)

—

Sur la dissociation du pentachlorure d'antimoine; par le baron Marcel Nothomb, ingénieur chimiste.

On sait que lorsqu'on distille du pentachlorure d'antimoine à la pression atmosphérique, on ne parvient pas à obtenir un produit passant à température fixe à cause d'une dissociation partielle de la substance. Anschütz et N.-P. Evans (*) ont distillé du pentachlorure d'antimoine dans le vide et ont préparé un produit bouillant à 79° sous une pression de 22 millimètres de mercure.

Ils ont pris la densité de vapeur de ce produit et ont trouvé qu'en opérant à une température inférieure à 140°, sous une pression de 58 millimètres, la densité répond à la formule $SbCl_5$ (**) :

Densité théorique	—	—	10.33	—
Densité trouvée	10.37	9.79	9.70	10.21

A la pression ordinaire, il faut chauffer presque à 200° pour vaporiser le pentachlorure d'antimoine, et à cette température, la densité a déjà une valeur beaucoup plus faible.

(*) *Berichte,* 1886, XIX, 1994.
(**) *Annal. chem. Pharm.,* 1889, 253, 95.

Afin d'étudier comment la dissociation progresse par l'élévation de la température, j'ai déterminé la densité de vapeur à des températures graduellement croissantes, comprises entre 180° et 360°.

Le produit employé a été préparé par l'action du chlore sur du trichlorure d'antimoine aussi pur que possible. Du trichlorure commercial ayant été précipité par l'eau, l'oxychlorure obtenu a été, après des lavages répétés à l'eau bouillante, dissous dans l'acide chlorhydrique. Pour séparer l'eau, la solution de trichlorure ainsi formée a été fractionnée dans le vide.

J'ai traité le trichlorure pur que j'ai obtenu dans cette opération par du chlore à refus et rectifié deux fois dans le vide. Entre les deux distillations, le produit a été saturé de chlore pour éliminer les dernières traces de trichlorure.

Ce produit a donné à l'analyse les résultats suivants :

	I	II
Poids de $SbCl_5$	0.2849	0.3106
Précipité d'AgCl	0.6797	0.7410
Pour cent de Cl trouvé. .	58.99	58.99
Calculé	59.24	

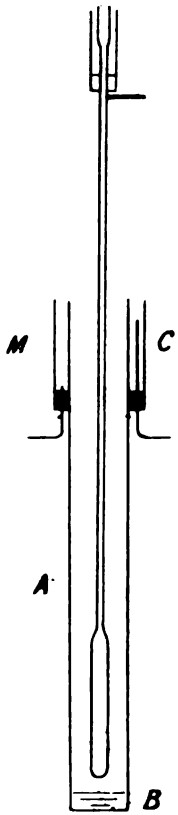
Je me suis servi du procédé de Victor Meyer pour la détermination des densités de vapeur.

Ce procédé n'est pas absolument exact à cause de la diffusion de la substance à l'intérieur de l'appareil et de l'influence des dimensions du tube.

Mais la concordance de mes résultats avec ceux que fournit la formule de Planck prouve que les erreurs que je pouvais commettre sont négligeables pour l'étude de la dissociation. Afin d'écarter les erreurs dues aux dimen-

sions de l'appareil, je me suis constamment servi du même tube. Ce tube avait une longueur de 130 centimètres dans le but d'empêcher la vaporisation de la substance pendant son séjour dans la partie supérieure.

Celle-ci était maintenue froide par l'eau contenue dans un tube concentrique extérieur. Dans une série de déterminations, j'ai employé la disposition suivante pour être certain que le bain de vapeur eût une hauteur suffisante.



Un tube en fer A fermé à sa partie inférieure était entouré à sa partie supérieure C d'un manchon court M, dans lequel circulait un courant d'eau froide. Je pouvais ainsi chauffer plus fort la substance du bain en B et avoir la certitude que la vapeur condensée dans le haut de l'appareil avait une température uniforme dans les parties intermédiaires. J'évitais également par cette disposition la perte d'une partie de cette vapeur, surtout quand la chaleur spécifique n'est pas considérable.

Voici les résultats que j'ai obtenus :

BAIN.	Température.	QUANTITÉ de substance	VOLUME.	PRESSION réduite.	DENSITÉ.
Aniline	180°	0,1135	13,2	714,7	7 59
		0,1396	16,3	713,8	7.57
Diméthylaniline . . .	193°	0,1359	16,7	738,6	7.00
		0,1525	18,6	734,5	7.09
		0,1358	15,8	739,9	6.95
Nitrobenzol.	210°	0,1030	13,1	748,5	6.68
		0,1367	17,5	742,0	6.66
		0,1384	18,4	723,0	6.63
Nitrotoluol	225°	0,1354	18,3	733,9	6.40
		0,1247	17,0	734,0	6.35
		0,1325	18,0	731,5	6.38
Quinoléine	236°	0,1423	20,3	724,2	6.11
		0,0877	11,8	736,1	6.12
		0,1027	14,2	737,0	6.11
Bromonaphtaline . . .	288°	0,1355	20,6	748,4	5.51
		0,1287	19,7	746,7	5.51
		0,1369	20,4	750,8	5 86
Diphénylamine. . . .	310°	0,1485	23,2	746,4	5.44
		0,1381	21,4	748,4	5.44
		0,1103	17,2	748,2	5.39
Anthracène.	386°	0,1205	18,9	749,9	5.34
		0,1336	20,9	749,8	5.35

Ces chiffres m'ont servi à tracer le diagramme I en portant en abscisse les valeurs de la densité et en ordonnée les températures.

Le résultat obtenu dans la vapeur d'aniline est incompatible avec les autres : cela provient de ce que la température n'est que fort peu supérieure à celle de la volatilisation du pentachlorure d'antimoine, de sorte qu'il se peut très bien qu'il soit resté des molécules associées, comme cela se remarque quelquefois. J'ai, par conséquent, écarté ce résultat.

Le degré de dissociation correspondant à ces densités prend les valeurs suivantes :

193°	0,432
210°	0,489
225°	0,567
236°	0,636
288°	0,801
310°	0,852
356°	0,873

En calculant au moyen du degré de dissociation la concentration de la substance non décomposée dans chaque cas, on peut tracer le diagramme II où le trait pointillé représente la courbe cherchée.

Tous ces chiffres montrent que dès la température de volatilisation, le pentachlorure d'antimoine est déjà notablement dissocié et qu'au-dessus de 360°, la décomposition est pratiquement complète. Cette dissociation est tout à fait analogue à celle du pentachlorure de phosphore étudiée par Cahours et plus tard sous pression

réduite par Troost et Hautefeuille (*). A. Neumann (**) a calculé d'après les densités obtenues par Cahours (***) les degrés de dissociation suivants :

182°	0,417
190°	0,443
200°	0,485
230°	0,674
250°	0,800
274°	0,875
288°	0,962
300°	0,973

La marche de la dissociation du pentachlorure d'antimoine est conforme à la loi donnée par Planck pour la dissociation des corps se dédoublant en deux molécules :

$$C_1^{v_1} C_2^{v_2} C_3^{v_3} = a\, e^{-\frac{b}{\theta}} \left(\frac{\theta}{p}\right)^{v_1 + v_2 + v_3}$$

où

C_1	=	concentration de la substance non décomposée.
C_2, C_3	=	concentration des produits de la décomposition.
θ	=	température absolue.
p	=	pression en millimètres de mercure.
a, b	=	coefficients constants.
v_1, v_2, v_3	=	nombre des molécules entrant en réaction.
		— pour une molécule qui se décompose.
		+ pour une molécule qui se forme.

(*) *Comptes rendus*, 1876, 83, 975.
(**) *Annal. chem. Pharm.*, 1867, Supplement Band V, 349.
(***) *Annal. chim. Phys.* (3), 1847, 20, 369.

Ici :

$$\begin{array}{ccccc} SbCl_5 & = & SbCl_3 & + & Cl_2 \\ v_1 = -1 & & v_2 = 1 & & v_3 = 1 \end{array}$$

Comme il se forme un nombre égal de molécules de $SbCl_3$ et de Cl_2 par la décomposition, $c_2 = c_3$.

D'ailleurs

$$c_1 + c_2 + c_3 = 1.$$

Dans le cas présent, on a

$$\frac{c_2^2}{c_1} = a.e^{-\frac{b}{\theta}}.\frac{\theta}{p}.$$

Pour trouver les coefficients a et b, j'ai introduit dans cette formule les valeurs θ, p, c correspondant aux deux valeurs de la densité trouvée dans le nitrobenzol et dans la bromonaphtaline. Ces coefficients déterminés, j'ai pu calculer c pour toutes les autres températures θ. J'ai trouvé de cette manière :

Température.	Concentration calculée.	Concentration trouvée par l'expérience.
—	—	—
193°	0,407	0,396
210°	valeur ayant servi à calculer a et b :	0,338
225°	0,277	0,271
236°	0,234	0,222
288°	valeur ayant servi à calculer a et b :	0,112
310°	0,078	0,080
356°	0,042	0,067

Le diagramme II ci-contre représente, en trait plein, la courbe des concentrations correspondante aux valeurs calculées. Il montre la concordance des chiffres trouvés par l'expérience et de ceux que fournit le calcul.

Le résultat obtenu dans la vapeur d'anthracène s'écarte assez notablement de celui que fait prévoir la théorie. Cet écart est dû à ce que, à cette température, les moindres variations dans la densité modifient énormément la valeur de la concentration. Or ces variations sont de l'ordre des erreurs d'expérience. La concordance des autres résultats permet de conclure avec certitude que la décomposition du pentachlorure d'antimoine est du type binaire et que même aux températures les plus élevées de mes expériences, il n'y a pas lieu de tenir compte de la dissociation de la molécule de chlore.

Laboratoire de chimie générale.
Gand, le 1er juin 1900.

Expédition antarctique belge. — *Note préliminaire sur les Algues rapportées par M. É. Racovitza, naturaliste de l'Expédition;* par É. De Wildeman, docteur en sciences naturelles, aide-naturaliste au Jardin botanique de l'État.

Parmi les Algues récoltées par M. Racovitza pendant le voyage d'exploration de la « Belgica », se trouvent quelques espèces que nous avons soumises à des spécialistes, ne pouvant, avec les matériaux des herbiers du Jardin botanique de l'État à Bruxelles, arriver à une détermination exacte.

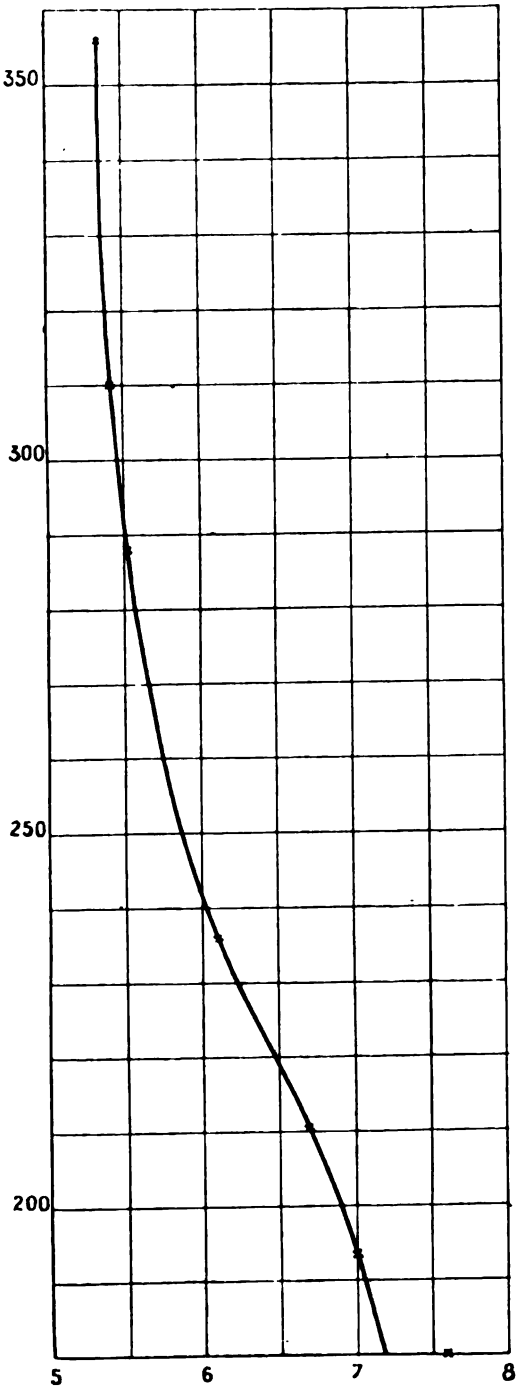


DIAGRAMME I.

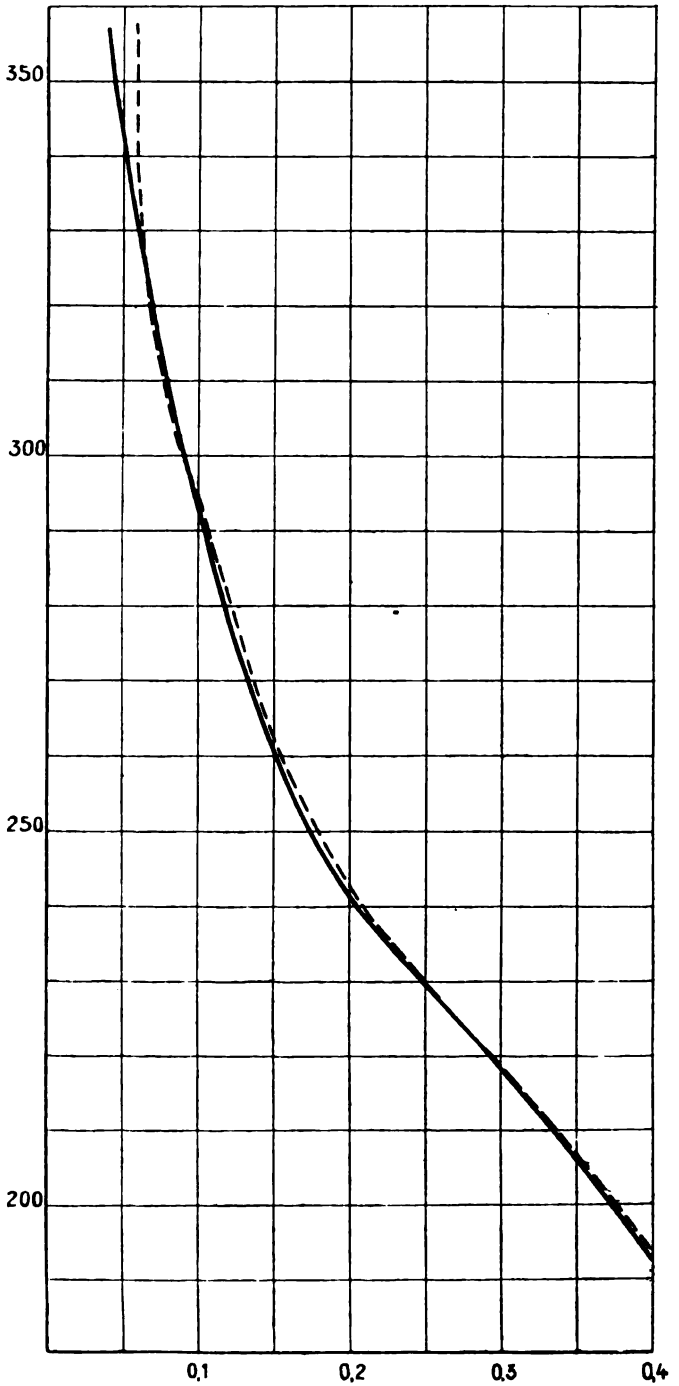


DIAGRAMME II.

Deux de ces Algues appartiennent aux genres *Lithophyllum* et *Lithothamnion*, Algues calcaires, dont l'étude est très ardue. Nous nous sommes adressé pour leur détermination à M. F. Heydrich, de Wiesbaden, qui s'est fait depuis quelques années une spécialité de leur étude et qui y a reconnu deux espèces nouvelles : les *Lithophyllum capitulatum* et *Lithothamnion scutelloides*.

Une troisième Algue a été communiquée à M. P. Hariot, assistant au Muséum d'histoire naturelle de Paris, bien connu par ses recherches sur les Algues de l'Expédition française au cap Horn, dont il faisait partie en qualité de botaniste; elle appartient également à un type spécifique nouveau du genre *Curdiea*, endémique jusqu'à ce jour en Tasmanie et en Nouvelle-Hollande (1).

Nous ajoutons à ces trois diagnoses d'espèces nouvelles, qui nous ont été communiquées par leurs auteurs, celle d'un genre nouveau que nous avons observé dans les récoltes faites sur la banquise antarctique, à la surface d'un trou à eau creusé par l'équipage de la « Belgica ». Cette eau, presque douce, provenait en grande partie de la fonte de la couche superficielle de la glace.

Fort peu d'autres espèces nouvelles ont été observées; nous citerons cependant le stade de repos d'un *Chlamydomonas*, très répandu dans la neige rouge et dans la neige verte et qui se caractérise par la présence de côtes saillantes, obtuses et ondulées. Nous aurons d'ailleurs l'occasion d'étudier et de figurer en détail cette curieuse Chlamydomonadinée dans notre travail d'ensemble sur les Algues de l'Expédition antarctique.

---

(1) Cf. De Toni, *Syll. Alg.*, IV, pp. 423-426.

Les récoltes algologiques faites par M. É. Racovitza n'ont amené la connaissance que de relativement peu de nouveautés, mais nous y avons trouvé certains organismes intéressants surtout au point de vue de la distribution géographique.

Nous ferons ressortir ces données dans le relevé complet des Algues rapportées par M. É. Racovitza que nous publierons ultérieurement.

Bruxelles, 5 juillet 1900.

I.

Les Lithothamniées de l'Expédition antarctique; par F. Heydrich (1).

Lithophyllum capitulatum Heydrich, nov. sp.

Le thalle forme d'abord, comme chez le *Lithophyllum Corallinae* (Cr.) Heydr. (*Melobesia Corallinae* Cr.), de petites plaques, de 1 millimètre à peine de diamètre, attachées sur les pierres. Ces petites plaques se développent sur des rochers lisses, ont un bord sinué, se rencontrent et croissent les unes sur les autres, formant un thalle continu. Le thalle mesure à peine $^1/_{10}$ à $^1/_{20}$ de millimètre d'épaisseur; cependant les individus isolés possèdent la propriété de s'épaissir assez rapidement, de sorte que l'on observe des échantillons qui, sur un diamètre de 2 millimètres environ, mesurent $^1/_2$ millimètre d'épaisseur.

---

(1) Traduit de l'allemand par É. De Wildeman.

Les individus, primitivement distants de 1 à 2 millimètres, se réunissent par leurs bords en s'accroissant, de sorte qu'il devient très difficile de déterminer microscopiquement la limite des thalles. Dès que dix à vingt petits thalles se sont ainsi réunis, l'ensemble constitue une croûte de 3 à 4 centimètres de diamètre, colorée en rose pâle, sur laquelle se forment des renflements irréguliers, de 2 à 3 centimètres de haut et de la même largeur environ, semi-globuleux, et le thalle acquiert l'aspect du *Lithothamnion papillosum* Zan. (1).

La surface du thalle est finement striée, une strie étroite tous les 50 μ environ, interrompue par les conceptacles. En outre, il se sépare de la surface, par fragments, une couche de cellules blanches, comme cela se présente souvent chez le *Lithophyllum incrustans;* la couleur rose apparaît alors au travers des portions décolorées. Les cellules végétatives ne possèdent pas de couche coaxillaire, mais s'attachent au substratum par une rangée de cellules arrondies. Les autres rangées de cellules ne sont pas courbées, comme chez la plupart des espèces de cette classe, elles se dressent vers la surface du thalle. Les cellules mesurent 6 μ de diamètre et sont de forme presque globuleuse. Leur chromatophore consiste, comme chez l'*Eleutherospora polymorpha* Heydr. (2), en une grande plaque allongée, qui s'étire dans les cellules inférieures de manière à occuper toute la longueur d'une paroi latérale.

Les conceptacles se développent partout, aussi bien

---

(1) Hauck, *Meeresalgen,* tab. II, fig. 4.

(2) Heydrich, *Die Lithothamnien von Helgoland.* (Ber. der Biolog. Station, 1900.)

sur la surface plane que sur les élevures, espacés d'environ 200 μ. Vus par la face supérieure, ils apparaissent comme de petites plaques de 250 μ de diamètre, à ponctuation centrale, ne dépassant pas la surface du thalle. Leur coupe longitudinale montre une cavité aplatie, de 240 μ environ de diamètre et de 60 μ environ de haut, avec une très légère élévation de la base. Ils sont recouverts d'une couche de trois rangées de cellules, dont la longueur dépasse deux à trois fois celle des autres cellules, et qui mesurent de 6 à 15 μ. La rangée supérieure de ces cellules se trouve sur la même hauteur que la cuticule.

Les tétrasporanges mesurent 60 μ de long et 40 μ environ de diamètre, divisés en quatre, par zones.

Comme je l'ai fait remarquer, on ne peut comparer cette espèce qu'avec le *Lith. papillosum* par suite de son habitat, mais l'identification avec cette espèce n'est pas possible si l'on tient compte de la description de Foslie (1), car la formation de lamelles et les conceptacles presque semi-globuleux n'existent pas dans notre espèce. Il est particulièrement intéressant de comparer les cellules végétatives des deux plantes; tandis que chez le *Lith. capitulatum* il n'existe pas de couche coaxillaire, il existe dans un échantillon de *Lithophyllum papillosum* (Zan.) Heydr. mscr. (2), que je dois à l'amabilité de M. le

---

(1) Foslie, *Norweg. Lithoth. Trondheim*, 1895, p. 93.

(2) N'admettant pas une différence spécifique entre *Lithophyllum* et *Craniolithon*, comme le fait Foslie in *Syst. Survey of the Lithoth. K. Norske Vid. Selsk. Skr.*, 1898, n. 2, je considère cette plante comme un *Lithophyllum* Heidr. (Cf. *Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch.*, 1898, p. 409).

professeur Debray, une couche coaxillaire de cellules nettement différenciée, qui occupe le quart de l'épaisseur du thalle.

Hab. — Algue calcaire, au niveau de la haute mer et au-dessous sur les rochers. — Lapataïa. Terre-de-Feu. Argentine. Canal de Beagle, 24 décembre 1897. N° 77.

Lithothamnion scutelloides F. Heydrich, nov. sp.

Cette plante forme un thalle complexe, assez grand, constitué par des plaques s'étant développées irrégulièrement les unes sur les autres, comme j'en ai décrit et figuré un dans mon travail intitulé : *Neue Kalkalgen von Deutsch-Neu-Guinea* (1), tab. I, fig. 12, sous le nom de *Peyssonelia Tamiense*, mais avec cette différence que les plaques isolées sont plus épaisses et plus grandes. Ces plaques, réunies par six à huit, sont constituées de prime abord par des lamelles irrégulièrement réniformes, sinuées sur les bords, de $^1/_4$ de millimètre d'épaisseur, qui sont attachées par toute leur face inférieure au substratum, soit sur une pierre, soit sur une génération antérieure de la même Algue. Le bord, qui possède une zone blanchâtre de 1 millimètre, est libre sur tout son pourtour et en général un peu surélevé, ce qui, vu d'en haut, donne un aspect ondulé à toute la plante; le centre du thalle est par suite situé régulièrement un peu plus bas. Les petites plaques se repoussent par les bords, mais ne se soudent pas fortement, comme chez le *L. synanablas-*

(1) *Bibliotheca Botanica*, Stuttgart, 1897.

tum Heydr.; elles se touchent simplement. La disposition particulière du centre communique aux plaques un aspect d'écaille, d'où nous avons tiré le nom spécifique *scutelloides*. Dans une coupe transversale du thalle, on observe que les plaques augmentent d'épaisseur avec la profondeur : les supérieures mesurant $^1/_4$ de millimètre d'épaisseur, celles de la partie moyenne mesurent 1 millimètre et les inférieures peuvent atteindre 2 $^1/_2$ millimètres d'épaisseur, de sorte que l'on a l'impression que ces dernières pourraient appartenir à une autre espèce. De même, la zone blanchâtre marginale, signalée plus haut, s'épaissit aussi par des renflements en forme de bourrelet. Ce qui prouve, malgré ces particularités, que l'on se trouve en présence d'une seule et même espèce, c'est l'examen des fruits que l'on trouve souvent encore en assez grand nombre sur les vieux thalles, en rangées sous la surface.

Par la structure interne, cette espèce appartient au groupe des *Lithothamnion patena* et *Muelleri*, c'est-à-dire que les cellules sont, malgré l'aplatissement du thalle, disposées concentriquement. Des longs filaments centraux, de 8 μ de large et de 20 μ de long, partent dans tous les sens, surtout vers le haut et vers le bas, des rangées de cellules périphériques, dont les cellules arrondies mesurent 6 μ de diamètre. Les rangées de la face inférieure mesurent à peine un cinquième de celles de la face supérieure.

Les cellules végétatives possèdent un seul chromatophore allongé. La zone blanchâtre du bord, dont on a signalé plus haut la présence, est constituée par une paroi cellulaire, incolore, plusieurs fois repliée sur elle-même,

comme chez les *Corallina* (1), et qui recouvre la coupe terminale du point végétatif.

Les fruits étaient épars, mais j'ai pu reconnaître plusieurs fois les vrais tétrasporangiosores, logés sous la cuticule comme dans les espèces du groupe du *L. patena*. De prime abord, la grande cavité de 50 à 100 μ se trouve sur le même niveau que la cuticule, les 50 à 60 pores dépassent un peu cette dernière; mais petit à petit le tissu environnant se développe, jusqu'à ce qu'il dépasse la cavité sorifère et que les pores se trouvent disposés sur le même plan que la cuticule. Les tétrasporanges mesurent 30 μ de long et 12 μ de large.

Si je complète encore le tableau des *L. patena*, *antarcticum* et *lichenoides* (2) par les caractères de cette espèce, je pense avoir suffisamment prouvé que cette dernière n'a été signalée nulle part :

Lithothamnion scutelloides nov. sp.

a) *Thalle :* ramifié, comme chez *L. decussatum* Solms (3), recourbé en forme de coquille, sinué, étagé.

b) *Fixation :* attaché lâchement par toute la face inférieure, comme dans le *L. decussatum* Solms (3).

c) *Sores :* cavité sorifère sur le milieu de la cuticule.

d) *Rangées de sores :* disposées en arcs peu courbés au-dessus de la cuticule.

---

(1) Graf zu Solms-Laubach, *Die Corallinenalgen der Golfes von Neapel*, 1851, p. 31, pl. I, fig. 8.

(2) F. Heydrich, *Die Lithothamnien des Muséum d'histoire naturelle de Paris* in Engl. *Bot. Jahrb.*, 1900 (sous presse).

(3) Solms, *loc. cit.*, p. 14

e) *Couche coaxillaire :* irrégulièrement radiaire.

f) *Cavités sorifères :* logées dans la partie supérieure de la couche coaxillaire.

Cette plante doit donc, malgré ses rapports évidents avec les *L. Muelleri* (1) et *L. Engelhardii* (2), être considérée comme une espèce bien délimitée. La première de ces deux espèces ne possède jamais de thalles étagés les uns au-dessus des autres, et les sores sont enfoncés plus profondément dans le thalle. Le *L. Engelhardii* possède une surface non plane, mamelonnée, les conceptacles sont séparés, ce qui ne se présente jamais chez le *L. scutelloides,* et les cellules internes sont plus courtes. D'ailleurs, aucune espèce du même groupe ne présente des lamelles superposées, s'épaississant d'une façon aussi remarquable avec l'âge.

Hab. — Algue calcaire, au niveau de la haute mer et un peu en dessous. Recouvre les fragments de roches tombés de la falaise. - Golfe Saint-Jean. Ile des États, 8 janvier 1898. N° 186.

II

Un Curdiea *nouveau du canal de Gerlache;* par P. Hariot.

Curdiea Racovitzae P. Hariot, nov. sp.

C. fronde plana, carnoso-coriacea, ovali, integerrima, non vel vix margine undulata, stratis duobus contexta, apice obtusa plus minus emarginata, sensim ad basim atte-

(1) *Lenormandi* in *Herb. Rosanoff. Mélobesiées,* p. 101.

(2) Foslie, *New or crit. calcareous Alg. K. Norske Vid. Selsk. Skr.,* 1900, p. 18.

nuato-stipitata, in discum exiguum desinente, exsiccatione sordide purpurea, vix pellucida; tetrasporangiis intramarginalibus, confertis, punctiformibus, parum prominulis, nitidulis, plagam longitudinalem efformantibus, tetrasporis cruciatim divisis.

In terris austro-polaribus (canal de Gerlache) lgt. cl. E. Racovitza, 26 janvier 1898.

Observations. — C'est bien au genre *Curdiea* qu'il faut rapporter cette curieuse Floridée dont deux échantillons seulement ont été rapportés. L'un mesure 15 centimètres de hauteur, l'autre 30 centimètres environ; la plus grande largeur varie de 5 à 7 centimètres. Dans le plus grand des échantillons de la base du disque partent deux branches dont l'une a été détruite.

Les quatre espèces connues du genre *Curdiea* ont été recueillies à la Nouvelle-Hollande ou en Tasmanie. Elles se distinguent toutes de la nouvelle espèce que nous venons de décrire par leur fronde laciniée. Le *C. Racovitzae* rappelle assez, à première vue, l'*Iridaea laminarioides* Bory de l'Amérique australe, pour qu'on puisse le rapporter à cette espèce avant d'en avoir fait l'analyse. La structure est toute différente; celle des *Curdiea* est formée de deux couches de cellules qui sont grandes, arrondies ou anguleuses dans l'intérieur, tandis qu'elles sont petites, serrées et disposées verticalement en séries dans la partie corticale. Dans les *Iridaea*, les cellules de la couche intérieure sont cylindriques et forment un réseau lâche et réticulé. Les *Curdiea* sont bâtis sur le type Rhodyméniacées, tandis que les *Iridaea* se rapportent aux Gigartinacées.

III

Racovitziella De Wild., nov. gen.

Cellulae in familias gelatinosas, minutissimas sed macroscopicas, globulosas, sacciformes, tubulosas, irregulares, libere natantes conjunctae. Familiae tegumentis integris, permanentibus obvolutae. Cellulae globosae, vel ovoideae, sparsae, solitariae, 2-4, vel plerumque numerosae approximatae; cytioplasmate granuloso; chlorophoris 2, lateralibus, discoideis; vacuola centrali. Propagatio ignota.

Racovitziella antarctica De Wild., nov. sp.

Thallo piriformi, vesiculoso, tubuloso, integro vel ramoso, pallide viridi, 15-260 μ lato; cellulis globosis vel ovoideis, circ. 3-4 μ latis, membrana tenuissima obvolutis.

Hab. in aquis subdulcibus antarcticis ad glaciei superficiem, leg. É. Racovitza, 30 janvier 1898.

Observations. — La plante pour laquelle nous venons de créer un genre nouveau et que nous avons dédiée avec plaisir à M. Racovitza, appartient à la famille des Palmellacées, sous-famille des Tétrasporées. Elle vient se ranger dans le voisinage immédiat des *Palmodactylon* et des *Apiocystis*. La membrane qui entoure les cellules isolées est mince, non gélifiée; ce caractère permet de différencier les éléments du *Racovitziella* de ceux des *Palmodactylon*. Quant à l'unique espèce du genre *Apiocystis*, qui possède aussi des cellules à membrane mince, elle forme des thalles toujours piriformes, vésiculeux, de grandeur très réduite, à base rétrécie, stipitée, fixés à

d'autres Algues. Le *Racovitziella antarctica*, au contraire, forme des thalles globuleux, parfois piriformes, souvent très longuement tubuleux et même parfois rameux. Quant aux cellules, elles renferment deux chromatophores discoïdes, appliqués contre la paroi cellulaire (d'après les observations et les dessins pris sur le vif par M. Racovitza), et semblent contenir une vacuole assez grande. Les cellules, souvent isolées ou réunies par deux, assez espacées, se rencontrent parfois en masses globuleuses ou ovoïdes, creuses, rappelant la gastrula, assez éloignées les unes des autres et plongées dans la masse générale du thalle. Nous ne connaissons malheureusement rien des phénomènes de la reproduction; les matériaux qui ont servi à nos observations, fixés par le bichromate et passés ensuite à la glycérine, ne nous ont pas permis de faire des études approfondies sur l'histologie de cette Algue.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Lagrange (*Ch*). Mathématique de l'histoire (Géométrie et Cinématique). Lois de Brück. Analogie géodésique de la Bible. Bruxelles, 1900; gr. in-8° (884 p.).

Errera (*Léo*). Essais de philosophie botanique. II. A propos de génération spontanée. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (25 p.).

Renard (*A.-F.*) et *F. Stöber*. Notions de minéralogie. Gand, 1900; in-8°.

Dollo (*Louis*). Expédition antarctique belge. *Macrurus Lecointei*, Poisson abyssal nouveau recueilli par cette Expédition (communication préliminaire). Bruxelles, 1900; in-8° (20 p.).

Boddaert (*Richard*). Éloge de Charles Poelman. Bruxelles, 1900; in-4° (8 p.).

Meunier (*Fernand*). Sur quelques *Mymaridae* du copal fossile. Paris, 1900; extr. in-8° (4 p.).

De Wildeman (*Ém.*) *Icones selectae*. Plantes ayant fleuri dans les collections de M. Van den Bossche, à Tirlemont, I, 4° et 5° livraisons, 1900.

Bruxelles. *Société d'anthropologie*. Bulletin, tomes XVI et XVII, 1897-1899.

Anvers. Handelingen van het derde vlaamsch natuur- en geneeskundig Congres gehouden te Antwerpen den 24 September 1899. Anvers, 1899 ; vol. gr. in-8°.

—

Allemagne.

Edelmann (*Th.*). Fortschritte in der Herstellung der Galtonpfeife (Grenzpfeife). Wiesbaden, 1900; in-8° (14 p.).

Schaaffhausen (*Hermann*). Anthropologische Studiën. Bonn, 1885; in-8° (677 p.).

Prague. *K. K. Sternwarte*. Magnetische und meterologische Beobachtungen, 1899; in-4°.

Vienne. *Internationale Erdmessung*. Astronomische Arbeiten, Band XI, 1899; in-4°.

Hambourg. *Handelstatisches Bureau*. Uebersichten des Handels in 1899; in-4°.

—

France.

Renault (*B.*). Sur les marais tourbeux aux époques primaires. Paris, 1900; in-8° (5 p.).

— Sur quelques nouvelles bactériacées de la houille. Paris, 1900; extr. in-4° (3 p.).

— Considérations nouvelles sur les tourbes et les houilles. Autun, 1900; in-8° (31 p.).

Hamy (*E.-T.*). Le père de la zoologie française : Pierre-Gilles d'Albi. Paris, 1900; in-4° (24 p.).

—

Italie.

Francesco (*Dominico de*). Sul moto spontaneo di un corpo rigido in uno spazio di curvatura costante, I e II. Turin, 1899-1900; 2 extr. in-8° (7 p. et 15 p.).

— Sull' integrazione delle equazioni differenziali del moto spontaneo di un corpo rigido in uno spazio di curvatura costante. Rome, 1900; extr. in-8° (6 p.).

Alcuni problemi di meccanica, in uno spazo a tre dimensioni di curvatura. I. Naples, 1900; extr. in-4° (38 p. et 2 fig.).

—

Pays divers.

Tommasina (*Thomas*). Sur l'auto-décohération du charbon et sur l'application de cette découverte aux appareils téléphoniques pour recevoir les signaux de la télégraphie sans fil. Genève, 1900; extr. in-8° (7 p., fig.).

Sars (*G.-O.*). An account of the Crustacea of Norway, III, 5-6 et 7-8. Bergen, 1900; in-8°.

The Danish Ingolf-Expedition, vol. I, 2; vol. II, 3. Copenhague, 1900; 2 cah. in-4°.

Helsingfors. Vetenskap-Societet. Ofversigt, XLI, 1898-1899; Finlands Natur och Folk, H. 58.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 8.

Séance du 4 août 1900.

M. Ch. Lagrange, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents: MM. J. De Tilly, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, *membres;* A. Jorissen, Pol. Francotte et Fr. Deruyts, *correspondants.*

MM. Crépin, Van Bambeke, Renard et Pelseneer motivent par écrit leur absence.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire de l'ouvrage suivant :

La Cellule, recueil de cytologie et d'histologie générale, tome XVII, 1er fascicule.

— M. le Ministre de l'Agriculture adresse un exemplaire du *Recensement général de l'agriculture, en 1895. Partie analytique.* — Remerciements.

— M. le Conseiller aulique Stache, directeur de l'Institut impérial et royal de géologie à Vienne, remercie la Classe pour l'Adresse de félicitations qu'il a reçue au sujet du cinquantenaire de cette institution.

— M. O. Pirsch, chimiste, à Saint-Gilles (Bruxelles), demande le dépôt dans les archives d'un billet cacheté portant en suscription : *Time is money.* — Accepté.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Sur une monstruosité du* Boletus luteus *L., suite de parasitisme;* par Ch. Van Bambeke;

2° A. *La flore wealdienne de Bernissart;* par A.-C. Seward (Cambridge University); B. *Exploration de la mer sur les côtes de la Belgique en 1899;* par le Prof Gilson, de l'Université de Louvain (présentés par M. Éd. Dupont, avec une note qui figure ci-après);

3° *Traité de géométrie;* par Eug. Rouché et Ch. de Comberousse (présenté par M. Neuberg);

4° A. *De la nomographie et de la nécessité de l'introduire dans l'enseignement;* B. *De la décimalisation du temps et de la circonférence;* par Ern. Pasquier;

5° *Les dépôts à Iguanodons de Bernissart et leur transfert dans l'étage purbeckien ou aquilonien du jurassique supérieur;* par Ernest Van den Broeck;

6° *Les Algues de la flore de Buitenzorg;* par Ém. de Wildeman (présenté par M. Crépin, avec une note qui figure ci-après);

7° *Bulletin de la Station agronomique de l'État, à Gembloux*, nos 66-68; par A. Petermann.

— Remerciements.

— Travail manuscrit renvoyé à l'examen :

Sur les acides valériques α chlorés; par Léon Servais, docteur en sciences. — Commissaires : MM. Henry et Spring.

ASSOCIATION INTERNATIONALE DES ACADÉMIES.

M. Lagrange donne le compte rendu des deux séances — qui ont eu lieu au Palais de l'Institut, à Paris, le 31 juillet et le 1er août — du Comité organisateur de l'Association internationale des principaux corps savants du monde entier, auxquelles il a assisté comme délégué de la Classe des sciences.

D'après les statuts, cette institution a pour but de promouvoir des travaux scientifiques d'intérêt général qui seront proposés par une des Académies de l'Association, et, d'une manière générale, de faciliter les rapports scientifiques entre les différents pays.

Ont pris part aux délibérations des deux séances, les délégués des Académies d'Amsterdam, Berlin, Bruxelles, Budapest, Munich, Paris (Sciences, Inscriptions et belles-lettres et Sciences morales et politiques), Rome, Saint-Pétersbourg, Stockholm, Vienne et Washington, et les Sociétés royales de Christiania, Copenhague, Göttingue, Londres et de Saxe à Leipzig.

Le Comité, après avoir arrêté le programme des questions à soumettre aux délibérations de la première assemblée générale triennale, a décidé que celle-ci s'ouvrirait au Palais de l'Institut, à Paris, le mardi 14 avril 1901.

Un appel est fait aux membres qui auraient des sujets à soumettre à cette assemblée et qu'il serait utile de communiquer à la Classe des sciences avant sa séance de janvier 1901.

Les remerciements de la Classe sont adressés à M. Lagrange pour la manière dont il a rempli sa mission.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie deux mémoires relatifs à d'importantes questions sur l'histoire naturelle de notre pays.

Le premier est dû à M. A.-C. Seward, de l'Université de Cambridge et auteur de *The wealden Flora* d'après les collections du British Museum (1). Il a pour titre : *La*

---

(1) *The wealden Flora. Catalogue of the mesozoic plants in the Department of Geology British Museum.* In-8°, 1er vol. avec 11 pl., 1894; 2e vol. avec 20 pl., 1895.

flore wealdienne de Bernissart, qui y est décrite soigneusement et figurée dans quatre planches in-4°. C'est assez dire avec quelle autorité ce sujet, qu'il nous importait de voir nettement précisé, se trouve traité dans le mémoire de M. Seward.

Nous ne possédions encore qu'une liste partielle des espèces végétales de notre gîte à Iguanodons. Elle fut dressée par feu de Saporta et publiée en 1878 dans nos *Bulletins* (1).

Les restes de végétaux, rencontrés en grand nombre à Bernissart, sont fort fragmentaires, ce qui augmente beaucoup la difficulté de leur identification, en général déjà si grande pour les plantes fossiles. M. Seward a examiné les moindres débris de cette flore locale et y détermine la présence de débris rapportables à des Algues, à des Lycopodiacées et à des Équisétacées, puis onze espèces bien définies de Fougères et des débris rapportables à deux autres genres de Fougères, enfin deux Pins dont l'un, *Conites minuta*, représenté par de petits cônes, est d'espèce inédite.

Il y a grande prépondérance de Fougères dans cette végétation. Les Conifères y montrent de rares restes et les Cycadées y manquent, alors que, dans d'autres gîtes belges voisins, ainsi que dans les gîtes classiques d'Angleterre, d'Allemagne et de Portugal, les Cycadées et les Conifères occupent une place prééminente. L'absence d'espèces angiospermes se fait remarquer ici comme dans les autres dépôts analogues, aussi bien que dans toutes les flores antérieures, et elle confirme l'opinion que la classe

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XLVI, p. 387, 1878.

la plus élevée des Phanérogames tenait tout au moins encore une place fort secondaire à cette époque.

L'auteur établit ensuite que la flore de Bernissart se rapporte sans conteste au même horizon géologique que les flores wealdiennes de l'Allemagne septentrionale, de l'Angleterre, du Portugal et d'autres localités concordantes. La dispersion, aujourd'hui connue, des espèces de notre gîte dans toutes les parties de l'Europe, y compris le Spitzberg, en Amérique, au Japon, en Australie et en Nouvelle-Zélande, est résumée dans un tableau synoptique.

En ce qui concerne les circonstances propres au gisement de Bernissart, les Fougères et les autres restes de plantes, remarque l'auteur, sont à l'état de menus fragments, comme ceux que l'on voit transporter à quelque distance par les rivières à faible courant.

De même, la disposition de ces débris annonce que leur dépôt s'est effectué par la rivière à cours lent qui amenait de la boue fine.

La nature des spécimens lui suggère en outre l'idée que ces sédiments dérivaient des bas terrains principalement occupés par des Fougères, surtout par *Weichselia Mantelli* et *Laccopteris Dunkeri*, à l'exclusion presque complète de plus grandes plantes ou d'arbres qui devaient prospérer en des endroits plus élevés ou hors des atteintes de la rivière.

La nouvelle contribution apportée par le savant botaniste à la connaissance de ce terrain et le complément de données qu'il fournit pour l'interprétation de notre célèbre gîte à Iguanodons, sont donc des appoints éminemment précieux pour l'étude de notre passé géologique.

Le second mémoire a pour auteur le Prof^r Gilson, de l'Université de Louvain, et pour titre : *Exploration de la mer sur les côtes de la Belgique en 1899.*

Le but de ces recherches, qui nécessiteront plusieurs années, est l'étude complète des conditions maritimes de notre littoral, au point de vue de son histoire naturelle, par une exploration rentrant dans le cadre de l'exploration détaillée de notre territoire qui est poursuivie depuis longtemps.

A cet effet, tout en recueillant et en cataloguant les espèces en chaque point où il les rencontre, l'auteur note toutes les circonstances propres à définir leurs conditions biologiques. Il opère d'abord suivant un réseau régulier figuré dans une première planche et formé par l'intersection des minutes géographiques jusqu'à une distance d'une vingtaine de kilomètres au large, ce qui donne environ six cents points d'opérations méthodiques. Il fera ensuite l'exploration des bancs plus éloignés connus sous le nom de *Hinders*.

Il expose les observations complexes qu'il fait en chacun des points de ce réseau, et qui sont consignées dans une série de registres spéciaux; il décrit les appareils qu'il met en œuvre et dont plusieurs ont été imaginés ou perfectionnés par lui.

Passant aux résultats de sa première année d'exploration, M. Gilson indique la surface draguée en 1899, qui a comporté soixante-sept dragages; il énumère comme exemple les données fournies par l'un d'eux et dresse la liste des espèces recueillies, dont plusieurs n'ont pas encore été signalées sur notre côte. Il explique son mode d'opération pour recueillir le Plankton, sur lequel cent trente et une observations ont été faites, éga-

lement l'an dernier. Puis il aborde ses recherches sur les sédiments qui sont composés de sable et de vase. L'étude de cette vase lui a fourni d'importants résultats. Elle est de deux sortes : noire ou grise, et ne constitue néanmoins qu'un même sédiment qui, dans la nature ou à volonté expérimentalement, prend l'un ou l'autre aspect, suivant qu'elle est soumise ou soustraite à des influences oxydantes. La vase grise devient noire par sulfuration sous l'action des anaérobies; la vase noire devient rapidement grise par oxydation.

L'auteur s'étend longuement sur les méthodes d'étude qu'il emploie pour les produits de ses dragages et donne plusieurs exemples de leurs analyses mécaniques et chimiques.

Mais, en même temps, il n'a pas négligé le phénomène de la dérive, donnée fort importante pour les recherches zoologiques et dont l'étude a surtout pour objet de déterminer la marche du Plankton. La variabilité de température et de salinité des couches d'eau fait également l'objet de recherches suivies. Tout en se pénétrant des résultats déjà obtenus par les services hydrographiques, il a employé, en vue de ses recherches spéciales, la méthode des flotteurs, qui n'avait pas encore été appliquée à notre mer. Il fait connaître comment il a organisé cette partie de ses travaux, pour lesquels il a déjà institué neuf expériences portant sur cinq cents flotteurs dont un bon nombre lui ont été renvoyés des côtes de France, de Belgique, de Hollande, de Schleswig-Holstein, de Danemark et d'Angleterre; il décrit en détail et figure sur deux planches le résultat de sa première opération pour une durée de six mois.

Ces études nous feront certainement connaître dans

peu d'années les productions et les conditions biologiques de notre mer avec un détail et une précision non encore atteints jusqu'ici dans des recherches du même genre.

Les deux travaux qui viennent d'être résumés, ont paru dans les *Mémoires du Musée royal d'histoire naturelle.*

Éd. Dupont.

—

L'ouvrage intitulé : *Les Algues de la flore de Buitenzorg*, que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie au nom de son auteur M. Ém. de Wildeman, est un travail de haute valeur et qui donne un tableau exact de la flore algologique si riche et si variée dans l'île de Java. Non seulement l'auteur a exposé tout ce qui était connu avant lui sur cette flore, mais il a enrichi celle-ci d'un grand nombre d'espèces inédites dont les matériaux ont été recueillis dans l'île de Java, durant ces dernières années, par des savants qui ont séjourné à l'Institut botanique de Buitenzorg. Parmi ceux-ci, nous devons citer deux Belges, MM. Massart et Clautriau.

Nous sommes heureux de féliciter M. de Wildeman d'avoir été choisi par notre illustre associé M. le Dr Treub, pour la rédaction de cette partie importante de la flore de Java.

Crépin.

CONCOURS ANNUEL POUR 1900.

M. le Secrétaire perpétuel dépose sur le bureau deux mémoires qu'il a reçus avant le 1er août courant, délai fixé pour la remise des manuscrits.

Le premier a pour objet la troisième question des sciences mathématiques et physiques.

On demande de compléter, par des recherches nouvelles, l'étude des dérivés carbonés d'un élément dont les combinaisons sont encore peu connues.

Il porte pour devise : *Nos connaissances sur les composés organiques du fluor sont très limitées* (H. Moissan, *Le Fluor*). — Commissaires : MM. Spring, Henry et Delacre.

Le second a pour objet la quatrième question des sciences naturelles :

Existe-t-il un noyau chez les Schizophytes (Schizophycées et Schizomycètes)? Dans l'affirmative, quelle est sa structure et quel est son mode de division?

Devise : *Quot capita, tot sensus.* — Commissaires : MM. Van Bambeke, Errera et Gravis.

RAPPORT.

Sur la décomposition de l'iodoforme en solution chloroformique; par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

Rapport de M. A. Jorissen, premier commissaire.

« Les experiences de Daccomo ont montré que l'iodoforme, soumis à l'action des radiations lumineuses en présence de l'oxygène, se décompose en mettant de l'iode en liberté. Abstraction faite de toute considération théorique, ce phénomène présente une certaine importance au point de vue de l'emploi de l'iodoforme en thérapeutique, et, dans ces derniers temps, l'attention des médecins a été attirée sur l'altération plus ou moins rapide qu'éprouvent les solutions de ce médicament.

M. Schuyten a étudié l'influence de la lumière, de l'air, de la concentration et de la température sur la décomposition de l'iodoforme en solution chloroformique, et communique à l'Académie les résultats de ses recherches. Plusieurs observations mentionnées dans cette note présentent un réel intérêt au point de vue de la chimie appliquée.

J'ai l'honneur de proposer l'impression du travail de M. Schuyten dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Spring, second commissaire, s'est rallié à ces conclusions, lesquelles ont été adoptées.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

Sur les amino-alcools; par Louis Henry, membre de l'Académie.

On sait que le caractère *alcool* subit, dans son intensité, une modification plus ou moins profonde par la présence dans la molécule, dans certaines conditions de voisinage, de radicaux ou groupements *négatifs*, tels que Cl, Br, I, - OH, - CN, OC - OH, etc.

On peut se demander ce qu'il en est de l'influence exercée par des groupements *positifs*, tels que $- HN_2$, $> NH$, etc.

Dans la question générale de la *solidarité fonctionnelle* dans les composés carbonés, cette question spéciale est assurément d'un haut intérêt.

Avant d'en aborder l'étude au point de vue objectif, la première chose à réaliser est évidemment de constituer le matériel expérimental. Or, en fait d'amines-alcools utilisables, on ne possède guère jusqu'ici que l'*éthanolamine* de M. Knorr (*) $(HO)CH_2 - CH_2(NH_2)$; mais on ne connaît, que je sache, aucun composé de ce genre où les complexes *alcool* HO - C et *amine* H_2N - C sont sépa-

(*) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. XXX, p. 909 (année 1897).

rés, dans la molécule, par un ou plusieurs atomes de carbone intercalaires.

Le problème de la *solidarité fonctionnelle*, en ce qui concerne les radicaux - OH et - NH_2, ne pourrait donc être à présent qu'incomplètement résolu.

C'est ainsi que j'ai été amené à m'occuper des *alcools-amines*.

On peut obtenir des *alcools-amines* par deux méthodes générales distinctes :

1° A l'aide de l'*ammoniaque* elle-même, en introduisant dans une molécule carbonée le groupement *amidogène* - NH_2.

En réalité, on fait agir l'ammoniaque :

a) Soit sur les *éthers haloïdes incomplets* des alcools polyatomiques, glycols, etc., tels que $(HO)CH_2 - CH_2Cl$, etc.;

b) Soit sur les *anhydrides* ou éthers simples des glycols, etc., tels que l'*oxyde d'éthylène* $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > O$, de *propylène* $\begin{matrix} H_3C - CH \\ | \\ CH_2 \end{matrix} > O$, etc.

Ces réactions ont été imaginées par Wurtz dans le cours de ses mémorables recherches sur les glycols. Elles ont été remises en œuvre dans ces derniers temps par L. Knorr. On sait avec quel succès.

Dans l'un et l'autre cas, la réaction de l'ammoniaque s'exerçant, non seulement sur *une*, mais sur *deux* ou sur *trois* molécules du composé carboné, détermine la formation, à côté d'un composé *amidé* C - NH_2, de composés *imidé* $\begin{matrix} C \\ C \end{matrix} > NH$ et *nitrilé* $\begin{matrix} C \\ C \\ C \end{matrix} \rangle N$.

La séparation de ces divers produits est parfois peu

aisée. C'est le seul désavantage de cette méthode, si importante d'ailleurs au point de vue pratique (*).

2° En transformant en *amidogène* - NH_2 un radical ou groupement azoté existant déjà dans la molécule. C'est en réalité l'*hydrogénation :*

a) Soit des *nitriles-alcools* $N\overset{|}{\underset{|}{C}} - \cdot\cdot\ C(OH)$;

b) Soit des *alcools nitrés* $(NO_2)\overset{|}{\underset{|}{C}} - \cdot\cdot\ - \overset{|}{\underset{|}{C}}(OH)$.

Il est à désirer que cette méthode générale de production soit rendue pratique; elle a l'avantage de fournir *exclusivement* des dérivés *amidés* - $\overset{|}{\underset{|}{C}}$ - NH_2.

Ce sont ces deux dernières réactions qui ont fait l'objet de mes investigations, dans le cours de mes recherches sur les *nitriles-alcools* et sur les *alcools nitrés*.

(*) On évite cet inconvénient en faisant usage, au lieu de l'ammoniaque elle-même, d'un dérivé *imidé* $HN = C_n$ renfermant, fixé sur l'azote, un assemblage carboné facilement éliminable, tel qu'un radical d'acide. C'est ce qui a lieu dans la méthode de préparation des *amines primaires* proposée par M. S. Gabriel (1) : *réaction des éthers haloïdes sur les dérivés potassique ou sodique de la phtalimide.* Il est à regretter que cette réaction ne soit pas plus aisée à réaliser et nécessite une température relativement élevée. Peut-être d'autres *imides acides* pourraient-elles être plus avantageusement employées.

Au cours de ses recherches, M. S. Gabriel a fait connaître, *à l'état de sels,* diverses amines-alcools, notamment l'éthanol-amine, la propanol-amine biprimaire, etc.

(1) *Bulletins de la Société chimique de Berlin*, t. XX, p. 2224, années 1887 et suivantes.

A. — *Hydrogénation des nitriles-alcools.*

J'ai hydrogéné l'*alcool cyano-propylique normal* CN - CH_2 - CH_2 - CH_2(OH) que j'ai fait connaître précédemment (*).

Diverses raisons me l'ont fait choisir comme premier objet de mes recherches. Je devais en obtenir un alcool amidé *discontinu :* la *butanol-amine* $(H_2N)CH_2$ - $(CH_2)_2$ - CH_2(OH), que je pouvais espérer transformer en *glycol succinique normal* (HO)CH_2 - $(CH_2)_2$ - CH_2(OH), composé que je m'efforce de préparer depuis longtemps. L'alcool cyano-propylique s'obtient d'ailleurs aisément en partant du *chloro-bromure de triméthylène* ClCH_2 - CH_2-CH_2Br.

La méthode d'hydrogénation des nitriles (**) la plus

(*) Voir mon mémoire : *Sur les nitriles alcools et leurs dérivés* (MÉM. IN-8° DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. LVII, p. 68).

(**) La transformation des *nitriles* - CN en *amines* H_2C - NH_2, par hydrogénation, se réalise de diverses façons, suivant les conditions dans lesquelles l'hydrogène est formé. Celui-ci résulte en général de l'action de certains métaux sur des composés hydrogénés liquides. Ceux-ci peuvent être : *a*) *acides,* action du zinc sur HCl, H_2SO_4 étendus, etc.; *b*) ou bien *neutres,* action des métaux alcalins comme tels ou à l'état d'amalgame sur l'eau ou l'alcool; dans ce dernier cas, la liqueur devient *alcaline* et basique.

Les *nitriles-alcools continus* renfermant le système NC - C(OH), produits de la fixation de HCN sur les *aldéhydes* - CH = O ou les *acétones* > C = O, se dédoublant aisément en leurs générateurs en présence des *alcalis,* ne peuvent évidemment être hydrogénés qu'en liqueur *acide.*

Des essais d'hydrogénation dans ces conditions sont entrepris

avantageuse paraît être celle de Ladenburg, action vive du sodium sur la dissolution du nitrile dans l'alcool absolu. C'est celle qui a été mise en pratique dans le cas présent : elle a donné des résultats satisfaisants.

Il est nécessaire d'employer un excès de sodium. On sature par l'acide chlorhydrique le liquide alcoolique. Il se fait une précipitation de sel marin d'autant plus complète que la quantité d'eau introduite par HCl a été plus faible. L'alcool filtré retient en dissolution le chlorhydrate de l'amino-alcool. On chasse, autant que faire se peut, l'alcool par la distillation, et l'on dissout dans l'eau la masse restante, mélange des deux chlorures formés. On met en liberté par un alcali l'amino-alcool. Le carbonate potassique le fait sortir de sa solution aqueuse à l'état d'hydrate, sous forme de gouttelettes huileuses, assez épaisses. L'addition de l'alcool au liquide en facilite le rassemblement sous forme de couche surnageante. Après dessiccation à l'aide de K_2CO_3 fondu, on arrive aisément, par quelques distillations sous la pression ordinaire, ou sous pression raréfiée, après le départ de l'alcool, à obtenir un produit totalement anhydre, bouillant avec une remarquable fixité.

Le rendement de l'opération est d'environ le tiers du rendement théorique.

---

dans mon laboratoire pour transformer divers nitriles-alcools continus en *alcools-amines continus* renfermant le système

$$\begin{array}{c} H_2N-CH_2 \\ | \\ HC(OH) \\ | \end{array} \quad \text{ou} \quad \begin{array}{c} H_2N-CH_2 \\ | \\ C(OH) \\ \wedge \end{array},$$

alcool primaire ou secondaire.

L'analyse de ce composé a fourni les résultats suivants :

	Trouvé °/₀.				Calculé °/₀.
	I.	II.	III.	IV.	
C. . .	54.03	—	—	—	53.93
N . .	—	15.90	15.73	15.77	15.73

La *butanol-amine* constitue un liquide incolore, quelque peu épais, d'une odeur fade, de marée, d'une saveur désagréable, douceâtre et brûlante à la fois.

Sa densité à 12° est égale à 0.967 ; elle bout fixe à 206° sous la pression de 776 millimètres, à 148° sous la pression de 148 millimètres et à 125° sous la pression de 34 millimètres.

Elle se dissout dans l'alcool, mais elle est *insoluble dans l'éther*, comme d'ailleurs l'éthanol-amine.

L'eau la dissout également, mais en s'y combinant et en la transformant, avec un dégagement de chaleur notable, en un hydrate $\left(C_4H_8 < \begin{matrix} OH \\ NH_3 \end{matrix}\right)OH$. Cet hydrate se sépare de l'eau sous forme d'huile surnageante par le carbonate bipotassique, mais pas par la potasse caustique.

La butanol-amine présente, vis-à-vis des papiers colorés et des acides, la réaction basique des amines.

Avec le réactif de Baumann-Schotten, elle se transforme en un *dibenzoate* $C_4H_8 < \begin{matrix} O(CO - C_6H_5) \\ NH(CO - C_6H_5) \end{matrix}$, qui se présente d'abord sous la forme d'un liquide épais, insoluble, qui se prend à la longue en petites aiguilles. Ce corps est soluble dans l'alcool, l'éther ordinaire et l'acétone ; il fond à 58°. On y a trouvé 5.05 et 4.84 °/₀ d'azote ; la formule en demande 4.71 °/₀.

La butanol-amine est fort hygroscopique. A l'air, elle en attire tout à la fois la vapeur d'eau et l'acide carbonique.

L'acide azoteux ON(OH) — réaction du nitrite sodique sur son chlorhydrate — transforme la butanol-amine en un glycol en C_4 de la formule $C_4H_8 - (OH)_2$. Le rendement de l'opération s'est montré jusqu'ici peu avantageux. Ce glycol constitue un liquide plus ou moins épais, bouillant au delà de 220°. Je n'en ai pas eu jusqu'ici suffisamment à ma disposition pour m'édifier d'une manière certaine sur sa nature. Selon toutes les analogies, ce devrait être le *glycol succinique normal* ou *tétraméthylénique* $(HO)CH_2 - (CH_2)_2 - CH_2(OH)$, qui, selon toute probabilité, doit bouillir vers 235°-240° (*). J'ai transformé, sous l'action directe de l'acide HBr, une certaine quantité de ce glycol en bibromure $C_4H_8Br_2$. Celui-ci ne m'a pas présenté un point de fusion fixe. Je tends à croire qu'à côté du composé *biprimaire* $BrCH_2 - (CH_2)_2 - CH_2Br$, il renfermait une certaine quantité de composé *primaire* et *secondaire* $CH_2Br - CH_2 - CHBr - CH_3$ et que, sous l'action de l'acide azoteux, la

---

(*) A l'étage C_4, les complexes $H_2C - OH$ et $- CN$ paraissent être équivalents au point de vue de la volatilité.

$CH_3 - (CH_2)_2 - CH_2(OH)$	Éb.	116°
$CH_3 - (CH_2)_2 - CN$		118°

L'alcool *cyano-propylique* normal et primaire bouillant à 238°-240°, le *glycol succinique* correspondant doit bouillir à peu près à la même température.

On sait d'ailleurs que le *glycol malonique* $(HO)CH_2 - CH_2 - CH_2(OH)$ bout à 214°.

butanol-amine fournit les deux glycols correspondants. Je me propose d'examiner ce point d'une manière approfondie.

La butanol-amine se combine intensément avec le méthanol en solution aqueuse. Le carbonate potassique sépare de la solution aqueuse le produit formé sous forme d'huile surnageante. C'est le composé $H_2C < \begin{matrix} OH \\ NH - C_4H_8(OH) \end{matrix}$.

B. — *Hydrogénation des alcools nitrés.*

Le plus aisé à obtenir des alcools nitrés est l'*isopropanol mononitré* $CH_3 - CH(OH) - CH_2(NO_2)$, produit de la condensation du nitro-méthane $H_3C - NO_2$ avec l'éthanal $CH_3 - CH = O$ (*).

J'ai chargé un de mes élèves, M. Léon Peeters, d'en opérer la réduction. En suivant la méthode de *Béchamp*, — fer et acide acétique, — il est parvenu à transformer ce composé en *isopropanol-amine* $CH_3 - CH(ON) - CH_2(NH_2)$, lequel constitue un liquide quelque peu épais, bouillant fixe à 160° sous la pression de 750 millimètres, toute la colonne mercurielle dans la vapeur. Je n'en dirai pas davantage sur ce composé, ayant l'intention de présenter à l'Académie dans quelque temps le mémoire de M. Peeters.

J'ai fait réaliser en même temps, dans mon laboratoire, la réduction du *nitro-éthanol* $(HO)CH_2 - CH_2(NO_2)$ (**)

(*) Voir ma notice, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXIX, p. 834 (année 1895).

(**) Voir mon mémoire, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXIV, p. 548 (année 1897).

par le même procédé. On a obtenu une certaine quantité d'un liquide fortement basique, mais encore légèrement aqueux. N'en possédant pas suffisamment pour le livrer dans de bonnes conditions à la déshydratation, ce produit a été transformé directement, selon la méthode de Baumann-Schotten, en son benzoate. Après cristallisation, celui-ci fondait à 76° comme le dérivé *bibenzoïque* de l'éthanol-amine de Knorr $C_2H_4 < \begin{matrix} NH(CO - C_6H_5) \\ O(CO - C_6H_5) \end{matrix}$. On y a trouvé 4.84 % d'azote; la formule en demande 4.71 %.

La méthode ancienne de *Zinin*, pour la réduction des dérivés nitrés — action de H_2S en présence de NH_3 ou des alcalis — paraît être tout à fait tombée en désuétude. Peut-être pourra-t-elle être fructueusement employée pour la transformation des alcools nitrés en leurs amines. Des expériences dans ce sens se poursuivent dans mon laboratoire.

C. — *Sur la volatilité des amino-alcools* (*).

Il est intéressant d'examiner, au point de vue de leur volatilité, les *amino-alcools*. Il y a, dans ce fait, la preuve de l'influence exercée, sur les propriétés physiques de la molécule, par la réaction réciproque du fragment *alcool* et du fragment *amine*.

Je dois borner pour le moment cet examen aux *amino-alcools continus*, renfermant le système $(HO)-\dot{C}-\dot{C}-(NH_2)$. Alors que j'aurai mis au jour le *propanol-amine biprimaire* $(HO)CH_2 - CH_2 - CH_2(NH_2)$, je pourrai, en y joignant la

(*) Je m'occuperai, dans un prochain travail spécial, de la volatilité des composés *amidés* - NH_2 en général du groupe aliphatique.

butanol-amine que je viens de faire connaître, m'occuper des *amino-alcools* discontinus (HO) - $\overset{|}{C}$ ... C_n ... $\overset{|}{C}(NH_2)$.

J'ai en vue, pour le moment, dans ces considérations, l'*amino-éthanol* $(HO)CH_2 - CH_2(NH_2)$, éb. 171°, de Knorr et son dérivé méthylique, l'*amino-isopropanol* $CH_3 - CH(OH) - CH_2(NH_2)$, éb. 160°, de M. L. Peeters, que je viens de signaler en passant.

Le point d'ébullition de ces composés est relativement *élevé*. Il est notablement *plus élevé* que celui que l'on pourrait leur assigner, en tenant compte des relations de volatilité qui existent aux étages C_2 et C_3 entre les dérivés *amidés* d'une part $H_2N - C$ et les dérivés *hydroxylés* HO - C, *chlorhydriques* Cl - C, *éthers haloïdes* et *nitrés* (NO_2) - C, simples, d'autre part.

a) Composés *alcooliques* ou hydroxylés.

Aux étages C_2 et C_3, le remplacement de - OH par - NH_2 abaisse notablement le point d'ébullition dans les composés simples.

C_2)	$CH_3 - CH_2(OH)$	Éb.	78°	- 59°
	$CH_3 - CH_2(NH_2)$		19°	
C_3)	$CH_3 - CH_2 - CH_2(OH)$		96°	- 47°
	$CH_3 - CH_2 - CH_2(NH)$		49°	

Il n'en est pas ainsi dans les amino-alcools considérés par rapport aux glycols correspondants

C_2)	$(HO)CH_2 - CH_2(OH)$	Éb.	196°	- 25°
	$(HO)CH_2 - CH_2(NH_2)$		171°	
C_3)	$H_3C - CH(OH) - CH_2(OH)$		188°	-28°
	$H_3C - CH(OH) - CH_2(NH_2)$		160°	

b) Composés *éthers haloïdes, chlorhydriques.*

Dans les composés simples, le remplacement de Cl par $-NH_2$ n'élève guère le point d'ébullition.

C_2)	CH_3-CH_2Cl	Éb.	12°	+ 7°
	$CH_3-CH_2(NH_2)$		19°	
C_3)	$CH_3-CH_2-CH_2Cl$		46°	+ 3°
	$CH_3-CH_2-CH_2Cl$		49°	

L'élévation est beaucoup plus considérable, contrairement à ce qui devrait être, eu égard au poids moléculaire, dans les amino-alcools considérés par rapport aux *chlorhydrines* correspondantes.

C_2)	$(HO)CH_2-CH_2Cl$	Éb.	132°	+ 39°
	$(HO)CH_2-CH_2(NH_2)$		171°	
C_3)	$H_3C-CH(OH)-CH_2Cl$		128°	+ 32°
	$H_3C-CH(OH)-CH_2(NH_2)$		160°	

c) Dérivés *nitrés.*

La transformation de $-NO_2$ en $-NH_2$ abaisse considérablement le point d'ébullition dans les composés simples.

C_2)	$CH_3-CH_2(NO_2)$	Éb.	113°	− 94°
	$CH_3-CH_2(NH_2)$		19°	
C_3)	$CH_3-CH_2-CH_2(NO_2)$		130°	− 81°
	$CH_3-CH_2-CH_2(NH_2)$		49°	

Il en est ici comme pour les dérivés hydroxylés. La transformation de - NO_2 en - NH_2 détermine un abaissement dans le point d'ébullition beaucoup moins considérable dans les *nitro-alcools* devenant *amino-alcools*.

C_2)	$(HO)CH_2 - CH_2(NO_2)$	Éb.	191°	- 23°
	$(HO)CH_2 - CH_2(NH_2)$		171°	
C_3)	$CH_3 - CH(OH) - CH_2(NO_2)$		200°	- 40°
	$CH_3 - CH(OH) - CH_2(NH_2)$		160°	

Quoique les amino-alcools soient intermédiaires entre les glycols et les diamines correspondantes, leur point d'ébullition est loin d'être la moyenne entre ceux de ces composés simples.

C_2)	$C_2H_4 - (OH)_2$	Éb.	196°	Moyenne 156°
	$C_2H_4 - (NH_2)_2$		116°	
	$C_2H_4 < \begin{matrix} OH \\ NH_2 \end{matrix}$		171°	
C_3)	$C_3H_6 - (OH)_2$		188°	Moyenne 153°
	$C_3H_6 - (NH_2)_2$		119°	
	$C_3H_6 < \begin{matrix} OH \\ NH_2 \end{matrix}$		160°	

Il en résulte que les deux substitutions de - NH_2 à - OH des glycols sont loin d'être équivalentes au point de vue de l'effet qui en résulte quant à l'abaissement du point

d'ébullition; la seconde l'emporte de loin sur la première (*).

C_2)	$C_2H_4\ (OH)_2$	Éb. 196°		
			25°	
	$C_2H_4 < \begin{matrix} OH \\ NH_2 \end{matrix}$	171°		
			55°	
	$C_2H_4\ (NH_2)_2$	116°		
C_3)	$C_3H_6 - (OH)_2$	188°		
			28°	
	$C_3H_6 < \begin{matrix} OH \\ NH_2 \end{matrix}$	160°		
			41°	
	$C_3H_6 - (NH_2)_2$	119°		

(*) Le fait que je viens de signaler en ce qui concerne la volatilité de l'*éthanol-amine* et du *propanol-amine* en tant que composés mixtes paraît d'autant plus remarquable que des différences d'un ordre précisément inverse existent aux mêmes étages C_2 et C_3 entre ce même radical - OH et le radical Cl des chlorhydrines.

C_2)	$H_3C - CH_2(OH)$	Éb. 78°		
			- 66°	
	$H_3C - CH_2 - Cl$	12°		
	$(HO)CH_2 - CH_2(OH)$	196°		
			- 64°	
	$(HO)CH_2 - CH_2 - Cl$	132°		
			- 48°	
	$Cl - CH_2 - CH_2Cl$	84°		
C_3)	$H_3C - CH_2 - CH_2OH$	96°		
			- 50°	
	$H_3C - CH_2 - CH_2Cl$	46°		
	$H_3C - CH(OH) - CH_3$	82°		
			- 46°	
	$H_3C - CHCl - CH_3$	36°		
	$CH_3 - CH(OH) - CH_2(OH)$	188°		
			- 60°	
	$CH_3 - CH(OH) - CH_2Cl$	128°		
	$CH_3 - CHCl - CH_2(OH)$			
			- 30°	
	$CH_3 - CHCl - CH_2Cl$	98°		

L'élévation relative du point d'ébullition des amino-alcools en C_2 et en C_3 devient plus remarquable encore si l'on considère quelle est la volatilité d'autres composés mixtes aux mêmes étages de carburation.

a) Dans le cas où les radicaux X et X' sont équivalents de toute façon, la volatilité du mixte est précisément la moyenne de la volatilité des deux simples correspondants. Ainsi en est-il des éthers haloïdes mixtes.

C_2)	$C_2H_4Cl_2$	Éb.	84°	Moyenne 108°
	$C_2H_4Br_2$		132°	
	$C_2H_4 < {Cl \atop Br}$		108°	
C_3)	$C_3H_6Cl_2$		98°	Moyenne 120°
	$C_3H_6Br_2$		142°	
	$C_3H_6 < {Cl \atop Br}$		120° (*)	

b) Alors que les radicaux X et X', identiques en valence, sont *fonctionnellement différents,* le point d'ébullition du mixte est sensiblement moins élevé que la moyenne des points d'ébullition des simples correspondants. Ainsi en est-il des *monochlorhydrines* en C_2 et en C_3, *composés continus.*

C_2)	$C_2H_4-(OH)_2$	Éb.	196°	Moyenne 140°
	$C_2H_4-Cl_2$		84°	
	$C_2H_4 < {Cl \atop OH}$		132°	

(*) Les deux isomères $CH_3-CHCl-CH_2Br$ et $CH_3-CHBr-CH_2Cl$ ont sensiblement le même point d'ébullition.

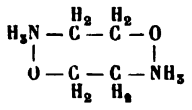
C_3)	$C_3H_6 - (OH)_2$	Éb.	188°	Moyenne 143°
	$C_3H_6 - Cl_2$		98°	
	$C_3H_4 < {Cl \atop OH}$		128°	

J'attribue cette élévation relative du point d'ébullition des amino-alcools à une *réaction combinative* des composants *alcool* (HO)- $\dot{C}$ - et *amine* (H_2N) - $\dot{C}$ - (*).

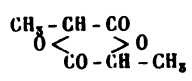
Cette réaction est une *réalité* expérimentale : j'ai constaté que les amines liquides, telles que la *diéthyl-amine*, l'*isobutyl-amine*, l'*isoamyl-amine*, la *pipéridine*, se dissolvent dans les alcools *méthylique*, *éthylique*, etc., en s'échauffant fort sensiblement (**). Cette combinaison est d'ailleurs d'un genre fort relâché : la distillation permet

---

(*) Il est vraisemblable que cette réaction combinative s'établit, dans les cas présents, entre des composants *alcools* et *amines* de deux molécules distinctes, de manière à produire, en ce qui concerne l'*éthanol-amine*, le système bimoléculaire



Ainsi en est-il de l'éthérification interne des acides *glycolique* et *lactique* pour former le *glycolide* et la *lactide*.



(**) Cet échauffement est au maximum pour l'alcool méthylique $H_3C - OH$. Voici un cas particulier : 3 grammes d'alcool méthylique ont été mélangés avec 7 grammes de diéthyl-amine ; le thermomètre, plongé dans le liquide, s'est élevé de 25° à 42°.

en effet de séparer complètement l'amine de l'alcool, alors que ces composés ont un point d'ébullition notablement différent. Mais la combinaison *amino-hydroxylée* s'établit avec énergie et acquiert une grande stabilité, alors que le groupement *alcool* $H_2C(OH)$ d'un *alcool-amine* devient *carboxyle* $OC-OH$. Il est intéressant de comparer, sous ce rapport, l'*éthanol-amine* avec le *glycocolle*.

$(H_2N)CH_2-CH_2(OH)$	Liquide.	Éb.	171°
$(H_2N)CH_2-CO(OH)$	Solide, fusion vers		230°

La distance qui sépare physiquement ces composés est énorme. C'est, selon moi, un tort de donner, comme on le fait fort souvent encore, au glycocolle le nom d'*acide acétamique* ou *amido-acétique* et de lui en attribuer la formule. Le *glycocolle* est un sel et doublement un sel, ainsi que l'exprime la formule

$$\begin{array}{l} \quad H_2\ O \\ H_3N-C-C-O \\ \quad | \qquad\quad | \\ \quad O-C-C-NH_3 \\ \quad O\ H_2 \end{array} \quad \text{ou} \quad H_2C<\begin{array}{l} CO(OH)-H_2N \\ NH_2-(HO)OC \end{array}>CH_2 \qquad (*)$$

et comme le démontre si évidemment l'ensemble de ses propriétés physiques, chimiques et même organoleptiques.

J'ai constaté aussi que les amines liquides précédem-

(*) La molécule du *glycocolle* est totalement dissociée dans sa solution aqueuse : la moyenne de trois déterminations cryoscopiques concordantes est 76.12. La formule $(H_2N)CH_2-CO(OH)$ correspond à 75.

Il en est de même de son isomère, la *glycocollamide* $(HO)CH_2-OC(NH_2)$.

ment indiquées se dissolvent sans réaction sensible dans les éthers simples, comme l'éther ordinaire, et les éthers des acides, tels que l'éther acétique (*).

On peut conclure de cette inertie que les rapports normaux de volatilité des composés éthers haloïdes avec les composés amidés correspondants, si gravement altérés par le voisinage d'un groupement *hydroxylé* - $\dot{C}(OH)$, se rétabliront alors que celui-ci sera devenu groupement éthéré par la substitution à l'hydrogène d'un radical d'alcool CH_3, C_2H_5, etc.

Ainsi en est-il en effet de l'*acétate d'éthyle monochloré* par rapport à son dérivé *amidé*.

$CH_3 - CH_2Cl$		Éb. 12°	+ 7°
$CH_3 - CH_2(NH_2)$		19°	
$ClCH_2 - CO(OC_2H_5)$	Liquide.	Éb. 143°	+ 6°
$(NH_2)CH_2 - CO(OC_2H_5)$	id.	149°	

Je présume qu'il en sera ainsi de l'*éther monochloré primaire* $ClCH_2 - CH_2(OC_2H_5)$ vis-à-vis de son dérivé

(*) On sait que les amines se combinent avec l'eau pour former de véritables hydrates, - NH(OH), ayant une composition et des propriétés bien déterminées. Voir ma notice : *Sur les hydrates des alkylamines* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXVII, pp. 448 et suiv. [année 1894]). Cette fixation de l'eau H - OH se fait plus énergiquement, en donnant lieu à un dégagement de chaleur notablement plus considérable que celui auquel donnent lieu les alcools $H - OC_nH_{2n+1}$, même le plus simple d'entre eux, $H - OCH_3$.

On voit par cet ensemble de faits que le pouvoir additionnel de N ne s'exerce que vis-à-vis de composés hydroxylés.

amidé $(NH_2)CH_2 - CH_2(OC_2H_5)$. La différence de volatilité considérable que l'on observe dans le système

$ClCH_2 - CH_2(OH)$	Éb.	132°	+ 39°
$(NH_2)CH_2 - CH_2(OH)$		171°	

disparaîtra vraisemblablement dans le système éthyl-oxylé correspondant

$ClCH_2 - CH_2(OC_2H_5)$	Éb.	108°
$(NH_2)CH_2 - CH_2(OC_2H_5)$	Éb.	vers 115° probablement.

L'éther amidé $(NH_2)CH_2 - CH_2(OC_2H_5)$ est un composé encore inconnu pour le moment; j'espère l'obtenir par l'hydrogénation de l'*acétonitrile éthyl-oxylé* $CN - CH_2(OC_2H_5)$ que j'ai fait connaître autrefois (*).

Il me paraît ressortir de cet ensemble de faits qu'aux étages C_2 et C_3, dans les conditions indiquées, le composant *alcool* ou hydroxylé exerce une influence sur le composant *amine*. Il serait intéressant de la préciser. Peut-être pourrait-on le faire en comparant les chaleurs de neutralisation des *amino-alcools* dont il a été question avec celles des amines simples correspondantes. Je suis au regret de n'être pas à même de réaliser ces déterminations thermiques.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XXXV, p. 214 (année 1873).

D. — *Détermination de l'influence de* - NH_2 *sur le caractère alcool.*

Les méthodes actuelles de détermination de l'intensité du caractère *alcool* ne me paraissent pas applicables aux alcools-amines. Ces méthodes sont :

a) L'action de l'acide ou de l'anhydride acétique ;

b) L'action du sodium.

Or le composant *amine* $(NH_2)CH_2$ est sensible à l'action de ces agents aussi bien que le composant *alcool* lui-même $(HO)CH_2$.

Il est donc nécessaire de s'adresser à une réaction susceptible d'affecter le composant *alcool* $CH_2(OH)$ exclusivement. En attendant que soit trouvé ce réactif nouveau, j'ai pensé que l'on pourrait utiliser, au lieu des *alcools-amines* proprement dits, leurs dérivés alkylés, renfermant à la place du radical *amidogène* lui-même, ses dérivés *bisubstitués hydrocarbonés*, tels que $-N(CH_3)_2$, $-N(C_2H_5)_2$; dans des composés alcools amidés bisubstitués de cette nature, tels que

$$(HO)H_2C - CH_2\left(N(CH_3)_2\right), \text{ etc.,}$$

le radical HO - est seul susceptible d'être atteint soit par le sodium, soit par l'acide et l'anhydride acétiques.

La série de ces alcools-amines bisubstitués est aisée à constituer à partir de C_1 inclusivement.

Je ne crois pas inutile de rappeler que j'ai fait connaître, il y a quelques années, les termes en C_1,

$$H_2C < \begin{matrix} OH \\ N(CH_3)_2, \end{matrix} \qquad H_2C < \begin{matrix} OH \\ N(C_2H_5)_2, \end{matrix} \quad \text{etc.,}$$

produits de l'addition directe des amines bisubstituées au méthanal $H_2C = O$ aq. (*).

Quant aux *dérivés polycarbonés* $(HO)C - \ldots\ldots C - N(CH_3)_2$, etc., on peut les obtenir sans difficulté par la réaction des mêmes amines bisubstituées sur les éthers haloïdes incomplets des glycols, tels que $XCH_2\text{-}CH_2(OH)$, $XCH_2 - CH_2 - CH_2(OH)$, etc., ou sur certains anhydrides des glycols tels que

$$\underset{\underset{O}{\vee}}{H_2C - CH_2} \qquad \underset{\underset{O}{\vee}}{H_2C - CH - CH_2}, \quad \text{etc.}$$

N'étant pas outillé pour entreprendre l'étude thermique de la réaction du sodium sur des alcools-amines de cette sorte, j'avais proposé à M. Matignon de vouloir bien s'en charger. Ma proposition a été accueillie et, dans ce but, j'ai eu l'avantage de remettre à mon distingué collègue divers échantillons intéressants de composés de ce groupe de combinaisons à fonctions multiples.

L'influence du radical $- NH_2$ et de ses dérivés alkoylés est d'ailleurs un fait. Je l'ai fait connaître précédemment dans diverses notices insérées au *Bulletin* (**), en ce qui concerne le système $C < \begin{matrix} HO \\ N < \end{matrix}$.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXVIII, pp. 335 et suiv.

(**) Voir les notices suivantes dans les *Bulletins de l'Académie royale de Belgique :*

a) *Sur le caractère alcool dans les nitriles alcools et les amines alcools,* 3e sér., t. XXVIII, p. 257 (1894);

b) *Sur les dérivés alkylés de l'alcool amido-méthylique,* 3e sér., t. XXVIII, p. 355 (1894);

c) *Sur la condensation des alcools alkyl-amido-méthyliques avec les paraffines nitrées,* 3e sér., t. XXXII, p. 33 (1896).

L'alcool *amido-méthylique* $H_2C < \begin{matrix} OH \\ NH_2 \end{matrix}$ lui-même paraissant impossible à obtenir, la réaction de l'ammoniaque sur le méthanal étant totale et allant jusqu'à l'*hexa-méthylène-amine* $(H_2C)_6N_4$, j'ai examiné les dérivés alkoylés de ce composé, notamment les bisubstitués tels que $H_2C < \begin{matrix} OH \\ N(CH_3)_2 \end{matrix}$, $H_2C < \begin{matrix} OH \\ N(C_5H_{10}) \end{matrix}$, etc.

L'hydroxyle alcool est insensible, comme on sait, à l'action de l'acide cyanhydrique HCN, de l'ammoniaque et des amines, des dérivés nitrés aliphatiques, etc. Il n'en est plus ainsi dans les dérivés de l'alcool amido-méthylique $H_2C < \begin{matrix} OH \\ NH_2 \end{matrix}$. L'hydroxyle réagit aisément avec ces divers composés, il s'élimine sous forme d'eau.

$$H_2C < \begin{matrix} OH \\ N(CH_3)_2 \end{matrix} + HCN = \begin{matrix} NC \\ | \\ H_2C - N(CH_3)_2 \end{matrix} + H_2O$$

$$H_2C < \begin{matrix} OH \\ N(CH_3)_2 \end{matrix} + HN(CH_3)_2 = H_2C < \begin{matrix} N(CH_3)_2 \\ N(CH_3)_2 \end{matrix} + H_2O.$$

$$\left(H_2C < \begin{matrix} OH \\ N(C_5H_{10}) \end{matrix}\right)_3 + H_3C - NO_2 = (NO_2)C - \left(CH_2 - N(C_5H_{10})\right)_3 + 3H_2O.$$

La réaction de l'acide cyanhydrique constitue une véritable synthèse carbonée.

Habituellement l'influence réciproque des radicaux fonctionnels s'exerce encore alors qu'ils sont fixés sur des atomes de carbone distincts, mais immédiatement unis, dans le système XC - CX'. J'ai fait voir qu'il en est ainsi dans les *amines-alcools continus* $(H_2N)C - C(OH)$ au point de vue de la volatilité. J'ai des raisons de croire qu'il en est de même au point de vue chimique, en ce qui con-

cerne le radical - OH, du moins quant à l'acide cyanhydrique. J'ai constaté, en effet, que HCN aqueux réagit avec échauffement sur l'*alcool diéthyl-amido-éthylique* $(HO)CH_2 - CH_2[N(C_2H_5)_2]$. Mais toute réaction cesse à l'étage C_4 dans le système $(H_2N)C - (CH_2)_2 - CH_2(OH)$ de la *butanolamine*. Je reviendrai sur ce point dans une communication ultérieure.

E. — *Des oxydes glycoliques.*

J'ai attiré autrefois l'attention des chimistes sur *deux types distincts d'oxydes glycoliques* (*) : les oxydes *continus*, tels que

$$\underset{\underset{O}{\smile}}{H_2C - CH_2},$$

et les oxydes *discontinus*, tels que

$$H_3C - \underbrace{CH - (CH_2)_2 - CH}_{O} - CH_3.$$

A l'aide de ces deux composés, j'ai fait voir la différence qui sépare ces deux types d'*oxydes* quant à l'action de PCl_5 et des hydracides halogénés.

J'ajouterai aujourd'hui que des différences non moins considérables existent entre ces deux classes d'oxydes quant à l'action de l'*ammoniaque et des amines* (*). On

(*) *Annales de chimie et de physique* (5), t. XXIX, année 1883.

sait combien est énergique l'action de ces composés sur l'*oxyde d'éthylène*

$$\underset{\underset{O}{\smile}}{H_2C - CH_2}.$$

J'ai constaté leur inertie sur l'*oxyde d'hexylène diallylique*

$$H_2C - \underset{\underset{O}{\smile}}{CH - CH_2 - CH} - CH_2.$$

Le plus simple des oxydes glycoliques *discontinus* est l'*oxyde de triméthylène*

$$\underset{\underset{O}{\smile}}{H_2C - CH_2 - CH_2}.$$

Je regrette de ne pas l'avoir en ma possession pour constater comment il se comporte avec les réactifs ammoniacaux. Son inertie sur ceux-ci ne fait aucun doute pour moi, puisque son dérivé monochloré

$$\underset{\underset{O}{\smile}}{HC - CHCl - CH_2}$$

est insensible à l'action de l'acide chlorhydrique (*).

En terminant, je tiens à adresser tous mes remerciements à mon assistant M. Aug. De Wael pour la part qui lui revient dans la partie expérimentale de ce travail.

(*) Voir Bigot, *Annales de chimie et de physique* (6), t. XXII, p. 468.

—

La courbe diurne de la température des centres nerveux sudoripares fonctionnant sous l'influence de la chaleur; par Léon Fredericq, membre de l'Académie.

Nous savons depuis les belles recherches de Luchsinger, que l'élévation de la température des centres nerveux sudoripares constitue pour eux une puissante cause d'excitation. J'ai montré moi-même qu'une transpiration abondante pouvait s'établir chez un homme placé entièrement nu dans un local froid (+ 5° à + 10°), si l'on avait soin d'élever la température interne du corps, en faisant respirer au sujet de l'air chauffé et saturé d'humidité. C'est aussi principalement par l'élévation de la température interne qu'il faut expliquer la transpiration qui accompagne tout travail musculaire énergique (« Tu mangeras ton pain à la sueur de ton front », dit l'Écriture).

On n'a jamais déterminé, à ma connaissance, la valeur de l'élévation de la température interne pour laquelle les centres sudoripares entrent en action. Ces centres participent, comme les autres organes internes, aux variations diurnes de la température du corps, variations qui dépassent 0°,5. On peut se demander quel est le degré de sensibilité des centres nerveux sudoripares vis-à-vis de l'excitant thermique aux différentes heures de la journée. Est-ce l'élévation de leur température jusqu'à un niveau déterminé, toujours le même, quelle que soit l'heure de la journée, qui entraîne leur mise en action, ou seulement une certaine élévation de température, comptée à partir de leur température considérée au moment de

l'expérience ? En d'autres termes, comment se comporte la courbe diurne de température des centres sudoripares entrant en action, sous l'influence de la chaleur, comparée à la courbe diurne normale de la température interne?

Telle est la question que j'ai cherché à résoudre par une série d'expériences faites sur moi-même (âge : 48 ans ; taille : 1m,76 ; poids vif à jeun : 80 kilogr.).

Pendant plusieurs jours du mois de juin dernier (qui a été particulièrement frais) et du commencement de juillet, j'ai déterminé, trois fois par jour (vers 7 heures du matin, vers midi et vers 6 1/2 heures du soir), l'élévation de la température interne nécessaire pour provoquer le début de la transpiration de la peau du front.

Dans chacune des expériences, la température rectale était d'abord prise au repos (sujet couché au lit pour les expériences faites le matin ; debout, mais au repos, pour les autres expériences), au moyen d'un petit thermomètre à maximum, laissé en place pendant dix minutes. Immédiatement après, le thermomètre ayant été retiré, je me livrais à l'exercice musculaire consistant à monter et à descendre alternativement un escalier de soixante-quinze marches, haut de 14 mètres, jusqu'à ce que la sueur commençât à apparaître sur le milieu du front, en quantité suffisante pour faire passer du bleu au rose une bande de papier à filtre, colorée par le chlorure de cobalt, ou simplement pour humecter la main appliquée sur le front. En général, ce résultat était atteint après la cinquième ou sixième ascension. Le thermomètre était replacé dans le rectum pendant dix minutes ; et le travail violent de cette ascension était, à partir de ce moment, remplacé par un exercice musculaire plus modéré, consistant à scier ou à râper sur place une planche de bois fixée à un établi de menuisier, de manière à maintenir la moiteur du front.

Les résultats de ces expériences sont consignés dans le tableau suivant :

Température rectale avant et immédiatement après un travail musculaire amenant la sudation (ascensions et descentes d'un escalier de 14 mètres de haut).

DATES.	MATIN (entre 6 1/2 et 7 1/2 heures).				MIDI (entre 11 1/2 et 12 1/2 heures).				SOIR (entre 6 et 7 heures).			
	Température de l'air.	Température rectale au repos.	Nombre d'ascensions.	Température rectale après travail.	Température de l'air.	Température rectale au repos.	Nombre d'ascensions.	Température rectale après travail.	Température de l'air.	Température rectale au repos.	Nombre d'ascensions.	Température rectale après travail.
Juin 1900.												
Jeudi 21 . . .	—	—	—	—	19°,5	37°	—	37°,4	—	—	—	—
Samedi 23 . .	—	—	—	—	—	—	—	—	18°,5	37°,42	4 1/2	37°,56
Dimanche 24 .	18°	36°,72	6	37°,18	—	—	—	—	—	—	—	—
Lundi 25. . .	18°	36°,6	5	36°,98	—	37°,23	5 1/2	37°,41	18°	37°,14	5 1/2	37°,53
Mardi 26. . .	17°,5	36°,77	5	37°,2	17°	37°,05	6 1/2	37°,48	17°	37°,25	4 1/2	37°,50
Juillet 1900.												
Dimanche 8. .	16°	36°,71	6	37°,2	17°	37°,2	6 1/2	37°,40	18°,5	37°,22	5 1/2	37°,5
Lundi 9 . . .	16°	36°,76	6	37°,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Mardi 10. . .	—	36°,73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mercredi 11. .	17°	36°,71	6	37°,14	—	—	—	—	20°	37°,3	5	37°,5
Jeudi 12 . . .	—	—	—	—	21°	37°,27	5	37°,5	—	—	—	—
Moyennes. .		36°,71		37°,15		37°,15		37°,44		37°,26		37°,52

La figure 1 donne une représentation graphique de ces résultats.

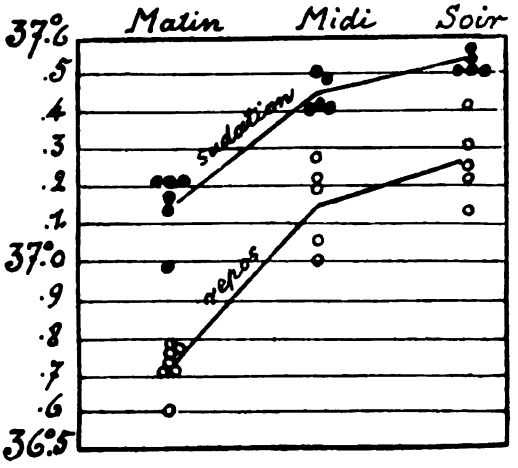


Fig. 1. — Courbe de la température à laquelle les centres sudoripares entrent en action (courbe *sudation*), comparée à la courbe diurne normale de la température interne (courbe *repos*).

Chez le sujet au repos, la température rectale fut trouvée en moyenne respectivement de 36°,71, 37°,15, 37°,26, le matin, à midi et le soir. Pour que les centres sudoripares entrassent en action, il a fallu que cette température montât respectivement à 37°,15 (soit une augmentation de 0°,44) le matin, à 37°,44 (soit une augmentation de 0°,29) à midi et à 37°,52 (soit une augmentation de 0°,26) le soir. La courbe des variations diurnes de la température interne, considérée pendant la sudation, rappelle celle de la température interne chez l'individu au repos; son amplitude est seulement un peu moindre.

—

Sur l'expérience inverse de celle du tonneau de Pascal; par G. Van der Mensbrugghe, membre de l'Académie.

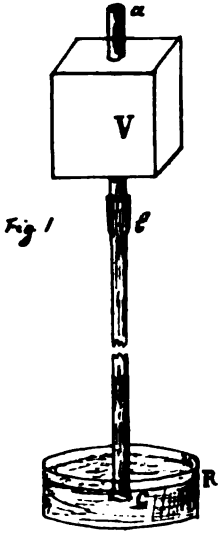
Dans les traités de physique expérimentale, on n'étudie généralement les pressions exercées par les liquides que dans les cas où elles sont supérieures à la pression atmosphérique. C'est pourquoi j'ai déjà signalé, il y a plusieurs années, une série d'expériences où les pressions supportées par les liquides sont, au contraire, moindres qu'une atmosphère (1).

Aujourd'hui, je me propose de décrire une expérience bien simple, consistant à changer brusquement la pression exercée sur un liquide en une autre aussi petite que l'on veut.

Procurons-nous une solide caisse prismatique V en zinc ou en fer-blanc, de 15 centimètres de hauteur par exemple, et ayant pour base un rectangle dont deux côtés adjacents ont respectivement 15 et 6 centimètres de longueur (fig. 1); les deux bases portent chacune une tubulure; la supérieure *a* sert à introduire le liquide, sur l'inférieure *b* on adapte le bout d'un long et fort tuyau en caoutchouc. On transporte alors la caisse ainsi préparée à une hauteur de 4 mètres par exemple, on la fixe solidement à un support, on fait plonger dans le liquide d'un réservoir R l'extrémité inférieure *c* du tube en caoutchouc, et l'on ferme celui-ci à l'aide d'un bouchon. On remplit alors

(1) *Sur la pression hydrostatique négative* (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXV, pp. 365 et 433, 1893).

tout l'appareil jusqu'en *a*. Cela étant, on peut considérer deux cas bien distincts :



I. On maintient *c* fermé et *a* ouvert; dès lors, un élément de paroi *ds*, qui est à une distance *h* au-dessous de *a*, est soumis à une pression $(P + h\delta)\, ds$, P étant la pression atmosphérique et δ le poids spécifique du liquide employé; l'élément correspondant de la face extérieure de la paroi supporte évidemment une pression $P ds$; donc l'excès de pression de l'intérieur vers l'extérieur $h\delta . ds$ deviendra d'autant plus marqué que *h* et δ seront plus considérables; en outre, la résultante de toutes les pressions élémentaires subies par une paroi donnée produira vers l'extérieur un effet mécanique d'autant plus prononcé que la surface pressée sera plus grande. C'est l'explication bien connue de l'expérience du tonneau de Pascal, dont les douves furent violemment écartées par

les fortes pressions dues pourtant à la simple addition d'une quantité de liquide relativement très petite.

II. Arrivons maintenant au second cas : le système étant entièrement rempli de liquide, on ferme avec soin *a* et l'on ouvre *c;* si la hauteur de la colonne n'est pas trop grande, la pression atmosphérique, transmise par le liquide du réservoir R, maintiendra parfaitement l'équilibre; mais aussitôt l'élément considéré *ds* ne supportera plus qu'une pression égale à $(P - h'\delta)\, ds$, h' étant la distance de l'élément au niveau du liquide dans le réservoir R. La pression ainsi brusquement réduite sera évidemment d'autant plus rapprochée de zéro que $h'\delta$ différera moins de P.

On le voit, sur la petite portion de la paroi correspondante à l'élément choisi *ds*, il se développera subitement un excès de pression $h'\delta . ds$ de l'extérieur vers l'intérieur du vase *ab* ou du tube *bc*. On comprend maintenant pourquoi ce tube doit être résistant, sans quoi il ne manquerait pas de s'aplatir en certaines parties. Quant au vase en fer-blanc, il est facile de calculer la résultante des pressions supportées par chaque face. Supposons qu'on opère avec de l'eau et que la distance moyenne des éléments d'une face carrée de 15 centimètres de côté au niveau du liquide du réservoir R soit de 4 mètres, l'effort total sera évidemment égal à $400 \times 15^2 = 90{,}000$ gr. $= 90$ kilogrammes. Pour chaque face rectangulaire, il serait égal à $15 \times 6 \times 400$ gr. $= 36$ kilogrammes. Aussi l'enfoncement que j'ai constaté dans les parois du vase était-il très frappant.

Mais c'est surtout quand j'ai opéré avec une différence de niveau de plus de 8 mètres en moyenne, que les déformations produites ont été extrêmement prononcées, à tel point qu'il s'est fait un pli dans l'une des arêtes du

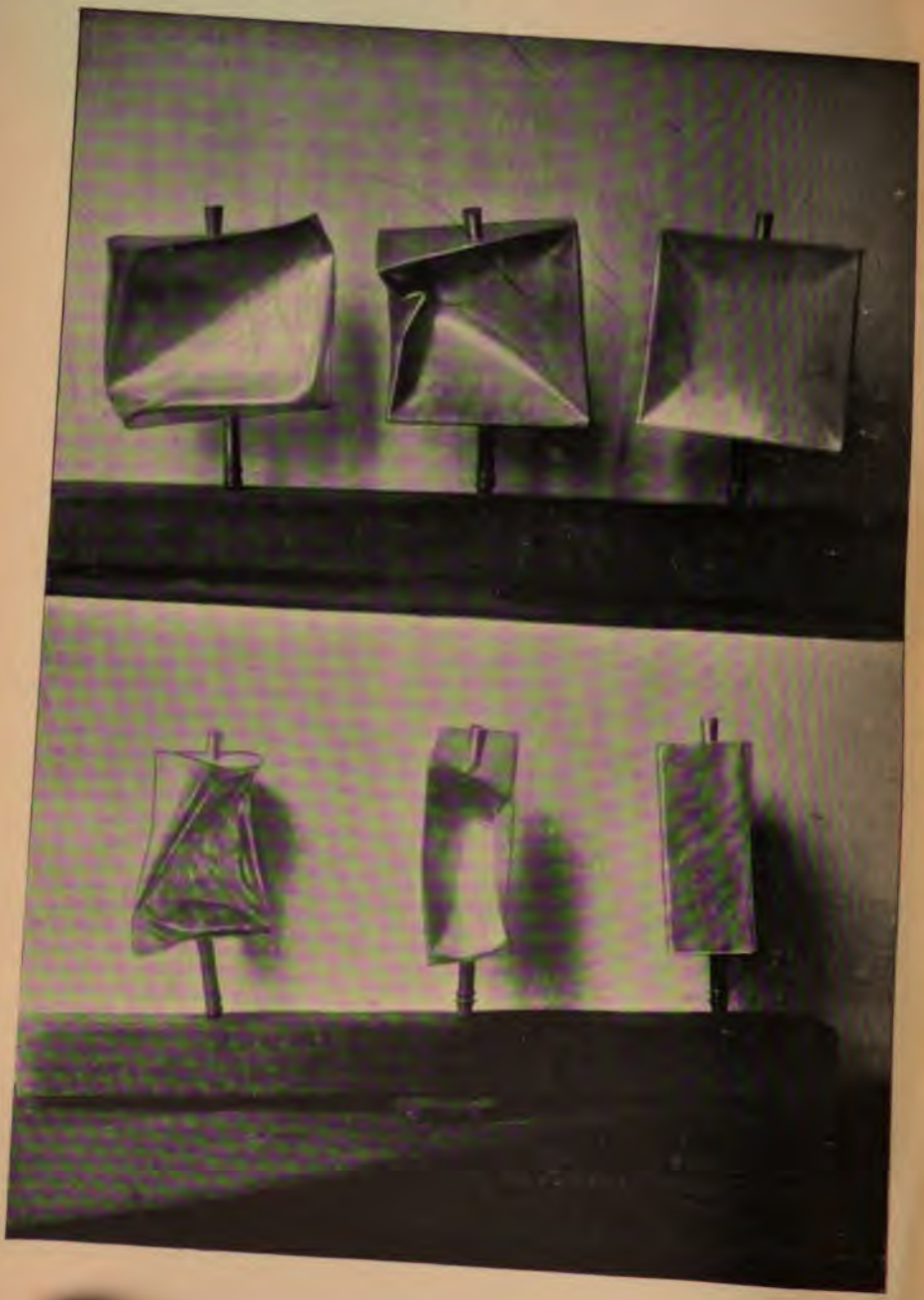
vase. Pour que l'expérience réussisse le mieux, il faut que les soudures soient parfaitement exécutées, sans quoi l'air peut entrer presque immédiatement, et dès lors tout effet mécanique est arrêté, comme on le conçoit sans peine.

Les photographies ci-jointes représentent, la première à droite, un vase ayant les dimensions indiquées et ayant déjà subi une faible déformation; la deuxième, un vase de même forme primitive et ayant été soumis à un excès de pression extérieure de 8 mètres d'eau; la troisième, à gauche, un vase de forme un peu différente et soumis ensuite au même excès de pression extérieure. Les photographies placées au-dessous des premières représentent les trois mêmes vases, mais vus par leurs petites faces.

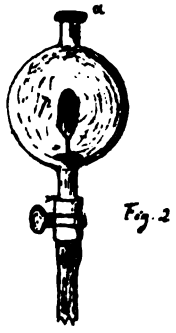
Dans tout ce qui précède, nous n'avons invoqué que les différences des pressions appliquées contre les parois; sans doute les effets mécaniques produits par ces différences ne peuvent manquer de causer quelque surprise, mais, à la rigueur, ils n'empêchent pas de croire que rien n'est changé dans le liquide et que la cohésion y est demeurée parfaitement la même. C'est pourquoi il nous a paru très important de rendre manifeste la différence des forces élastiques développées au sein même du liquide dans les deux cas ci-dessus.

Ainsi, dans le voisinage de l'élément ds considéré dans le premier cas, il règne une force élastique due non seulement aux actions moléculaires, mais encore à la pression $(P + h\delta)\, ds$; dans le second cas, la force élastique est due à la fois aux actions moléculaires et à la pression $(P - h'\delta)\, ds$. Nous pouvons conclure de là que la masse liquide voisine de ds doit subir une diminution de force élastique provenant de l'abaissement subit $(h + h')\delta . ds$ de la pression; il est à remarquer que la somme $h + h'$ est précisément égale à la distance constante ac.

G. Van der Mensbrugghe, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 8, 1900.



Pour rendre visible cette diminution de force élastique au sein du liquide, nous avons remplacé le vase métallique V par un vase en verre non déformable U (fig. 2),



dans lequel nous avons introduit une petite poche en baudruche *p*, remplie d'air environ au tiers, ensuite bien fermée et lestée convenablement pour qu'elle demeurât à peu près au milieu du vase. Nous avons alors opéré avec un long tube de caoutchouc comme ci-dessus. Après avoir bouché ce tube, nous avons rempli d'eau tout le système, et la poche présentait alors l'aspect représenté dans la figure. Mais nous avons fermé ensuite le vase en α et ouvert l'orifice inférieur du tube; aussitôt la poche s'est notablement gonflée, précisément parce que la force élastique de l'eau avait subi une diminution fort appréciable.

Cette expérience nous paraît très propre à faire voir qu'on ne peut, dans le cas actuel, admettre légitimement l'incompressibilité des liquides; car si l'on regardait celle-ci comme conforme à la nature, le fait que nous venons de décrire deviendrait inexplicable.

—

Formules correctes de la nutation eulérienne de l'axe instantané, suivies des expressions complètes de la nutation de l'écorce solide du globe; par F. Folie, membre de l'Académie.

L'année dernière je recherchais, en suivant la voie tracée par Oppolzer, et en la dégageant de l'erreur analytique qu'il a commise, les expressions de la nutation eulérienne de l'axe instantané, et je trouvais des termes nullement insensibles à ajouter à ceux qu'il a donnés (*).

La marche que j'ai suivie ne me satisfaisait pas entièrement; elle conduisait, en effet, à des difficultés d'intégration qui ne pouvaient être surmontées que par des développements en série; or ces développements peuvent toujours éveiller des doutes.

J'ai pu surmonter ces difficultés et lever ces doutes en partant simplement des équations différentielles, au lieu d'aborder immédiatement l'intégration. Les idées les plus simples ne sont pas celles qui viennent les premières.

L'analyse qui suit est donc celle d'Oppolzer lui-même, mais dégagée des erreurs qu'il a commises dans la sienne.

Le résultat de cette nouvelle analyse est le suivant :

« La nutation eulérienne de l'axe instantané est trois cents fois plus grande que celle de l'axe géographique. Son expression, de même que celle de l'heure, rapportée

---

(*) *Examen d'un cas particulier très important du mouvement d'un corps solide* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, mars 1899).

à cet axe, renferme en plus des termes multipliés par le temps. »

L'explication théorique de ces termes est fort simple, comme je l'ai déjà dit dans l'*Examen* rappelé ci-dessus : ils proviennent de ce que tout mouvement de rotation qui ne s'effectue pas autour d'un axe principal est toujours accompagné d'un mouvement de précession du nœud.

Je donnerai à cette note une forme très concise, les développements que j'ai exposés dans la précédente (*) pouvant édifier le lecteur sur l'exactitude des équations dont je fais usage (**).

A. — *Expressions des vitesses angulaires de la Terre autour des axes principaux.*

Ces expressions sont :

$$\begin{aligned} l &= \gamma_1 \cos(nt + \beta) + L \\ m &= \gamma_1 \sin(nt + \beta) + M \\ n &= c^{te} ; \end{aligned}$$

L et M désignant des fonctions périodiques dépendant des forces perturbatrices.

Pour plus de simplicité, nous ne traiterons, avec Oppolzer, que le cas où $L = M = 0$, en faisant remar-

---

(*) Voir l'*Examen* cité ci-dessus.

(**) Relativement à cette analyse, qui n'est autre que celle d'Oppolzer *rectifiée*, il m'est venu un scrupule, à la suite d'une correspondance que j'ai échangée sur ce sujet avec M. G. Darwin. C'est celui-ci : On part des équations du mouvement autour des axes principaux XYZ, et on les rapporte aux axes instantanés X'Y Z'.

Les premiers sont fixes dans le corps; les seconds ne le sont ni dans le corps ni dans l'espace. Le procédé est-il licite? Si non, l'analyse d'Oppolzer, même rectifiée, tombe tout entière *ab ovo*.

quer, toutefois, que ce procédé n'est nullement licite lorsqu'il s'agit de passer des axes principaux aux axes instantanés, et écrirons

$$(1) \quad l = \gamma_1 \cos(nt + \beta), \quad m = \gamma_1 \sin(nt + \beta), \quad n = c^{te}.$$

B. — *Transformation des coordonnées* x, y, z (*axes principaux*) *en* x', y', z' (*axes instantanés*).

Puisque le mouvement de la Terre s'effectue autour de l'axe instantané Z' (auquel sont corrélatifs les axes orthogonaux X', Y') dont les cosinus directeurs sont

$$\frac{l}{\omega}, \quad \frac{m}{\omega}, \quad \frac{n}{\omega}, \quad \omega = \sqrt{l^2 + m^2 + n^2},$$

après le temps dt, les axes x, y, z auront pris la position X'Y'Z'; pour les y amener, il suffira de leur faire décrire, autour de X, Y, Z considérés comme fixes, les angles Δa, Δb, Δc donnés par

$$\frac{da}{dt} = l, \quad \frac{db}{dt} = m, \quad \frac{dc}{dt} = n,$$

d'où, eu égard aux équations (1) :

$$\Delta a = \frac{m}{nt}, \quad \Delta b = -\frac{l}{nt}, \quad \Delta c = nt.$$

C. — *Expressions des vitesses angulaires autour des axes instantanés.*

Ces expressions sont données par les formules connues:

$$\begin{aligned} l' &= l + n\Delta b - m\Delta c, \\ m' &= m - n\Delta a + l\Delta c, \\ n' &= n + m\Delta a - l\Delta b, \end{aligned}$$

ou, eu égard aux équations (1) et (2) :

$$(3) \quad \ldots\ldots \begin{cases} l' = l\left(1 - \frac{1}{i}\right) - mt, \\ m' = m\left(1 - \frac{1}{i}\right) + lt, \\ n' = n\left(1 + \frac{1}{i}\gamma^2\right), \end{cases}$$

en faisant

$$\gamma_1 = n\gamma.$$

D. — *Expressions différentielles de la nutation eulérienne des axes instantanés.*

Soient θ, ψ, φ les angles que les axes instantanés font avec ceux de l'écliptique fixe. Les formules de transformations sont

$$\frac{d\theta}{dt} = -l'\cos\varphi + m'\sin\varphi,$$

$$\sin\theta\frac{d\psi}{dt} = l'\sin\varphi + m'\cos\varphi,$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = n' + \cos\theta\frac{d\psi}{dt}.$$

Elles deviennent, par la substitution des expressions précédentes,

$$\frac{d\theta}{dt} = \Gamma_1\cos(n_1t + \beta + \varphi) + \gamma_1 t\sin(n_1t + \beta + \varphi),$$

$$\sin\theta\frac{d\psi}{dt} = -\Gamma_1\sin(n_1t + \beta + \varphi) + \gamma_1 t\cos(n_1t + \beta + \varphi),$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = n' + \cot\theta\left\{\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\right\},$$

où Γ_1 représente $\gamma_1\left(\frac{1}{\iota} - 1\right)$, ou, à très peu près, $\gamma_1 \frac{1}{\iota}$, puisque $\frac{1}{\iota} = 300$ environ.

E. — *Expressions définitives de la nutation eulérienne en obliquité, en longitude et en heure dans le système de l'axe instantané.*

Intégrant les équations précédentes, en supposant θ constant (car θ est un angle fini soumis à de faibles variations périodiques) et $\varphi = \varphi_0 + n't$ simplement (*), on obtient, après avoir posé $\gamma_1 = n'(1 + \iota)\gamma$:

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} \Delta\theta &= \frac{\gamma}{\iota} \quad \left\{ \sin(n\iota t + \beta + \varphi) - \iota \cos(n\iota t + \beta + \varphi) \right\} \\ \sin\theta\gamma\psi &= \frac{\gamma}{\iota} \quad \left\{ \cos(n\iota t + \beta + \varphi) + \iota \sin(n\iota t + \beta + \varphi) \right\} \\ \varphi - \varphi_0 - n't = \Delta\varphi &= \frac{\gamma}{\iota}\cot\theta \left\{ \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \right\} \end{aligned}\right.$$

Telles sont les expressions de la nutation eulérienne dans le système des axes instantanés.

Dans celui des axes principaux, elles sont :

$$(4')\quad . \quad . \quad . \quad \left\{\begin{aligned} \Delta\theta &= -\gamma \sin(n\iota t + \beta + \varphi) \\ \sin\theta\Delta\psi &= -\gamma \cos(n\iota t + \beta + \varphi) \\ \Delta\varphi &= -\gamma \cot\theta \cos(n\iota t + \beta + \varphi). \end{aligned}\right.$$

(*) Ce procédé est bien moins licite ici que dans le système des axes principaux, puisque θ et φ renferment des termes, très petits à la vérité, mais multipliés par le temps.

F. — *Expression de la nutation eulérienne en déclinaison dans le système de l'axe instantané.*

Des formules (4) on déduit, pour le passage au méridien,

$$(5) \quad . \quad . \quad \Delta\delta = \pm \frac{\gamma}{\iota} \left\{ \cos(n_\iota t + \beta') + \iota t \sin(n_\iota t + \beta') \right\},$$

β' représentant $\beta + L$, et L la longitude orientale d'un premier méridien relativement au lieu de l'observation.

Dans le système des axes principaux, l'expression de la nutation eulérienne en déclinaison est

$$(5') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \Delta\delta = \mp \gamma \cos(n_\iota t + \beta'),$$

les signes supérieurs et inférieurs correspondant aux passages de même nom.

On trouverait de même l'expression de l'ascension droite.

G. — *Expressions de la nutation dans le cas général.*

Nous avons obtenu les formules (4) en négligeant les forces perturbatrices.

Soient N_ι, N_θ les termes de la précession et de la nutation générale en obliquité et en longitude. Relativement aux axes principaux, on a, rigoureusement :

$$(6') \quad . \quad \begin{cases} \Delta\theta = -\gamma \sin(n_\iota t + \beta + \varphi) + N_\theta \\ \sin\theta \Delta\psi = -\gamma \cos(n_\iota t + \beta + \varphi) + N_\psi. \end{cases}$$

Nous avons vu que, abstraction faite de N_θ et de N_ψ, on a, relativement aux axes astronomiques :

$$(6)\quad \begin{cases} \Delta\theta = \dfrac{\gamma}{i}\left\{\sin(n_i t + \beta + \varphi) - it\cos(n_i t + \beta + \varphi)\right\} \\ \sin\theta\Delta\psi = \dfrac{\gamma}{i}\left\{\cos(n_i t + \beta + \varphi) + it\sin(n_i t + \beta + \varphi)\right\}. \end{cases}$$

Mais, si l'on tient compte de N_θ et de N_ψ, il va de soi que, dans la transformation des coordonnées principales en coordonnées astronomiques, il se présentera des combinaisons des termes eulériens avec ceux de la précession et de la nutation générale, et quelque faibles que soient ces termes du second ordre, ils ne pourront pas être négligés, multipliés qu'ils sont par le temps.

C'est encore un argument de plus contre l'adoption du système des axes astronomiques.

Donc, les formules rapportées aux axes principaux, celles d'Euler, Laplace, Bessel, Poisson, Serret, Tisserand, qui sont rigoureuses, sont beaucoup plus simples que les formules relatives à l'axe instantané, qu'il serait bien difficile d'établir correctement sous une forme applicable en pratique, et qui rendent la définition de l'heure absolument impossible.

H. — *Conclusion.*

I. Dans le système de l'axe instantané, traité correctement par l'analyse d'Oppolzer, non seulement la nutation eulérienne est trois cents fois plus grande que dans celui des axes principaux dans son terme simplement périodique, mais elle renferme, de plus, un terme pério-

dique multiplié par le temps, même dans l'expression de l'heure sidérale.

II. Admettons qu'on définisse la latitude relativement au pôle instantané.

Il résulte des observations que ses variations eulériennes sont comprises entre $\pm 0'',15$; elles correspondent évidemment bien plutôt au terme (5) négligé par les astronomes qu'au terme trois cents fois plus petit de la distance entre les deux pôles.

Cette dernière γ serait donc égale à $0'',0005$; il s'ensuivrait que, dans les formules (4') rapportées aux axes principaux, le coefficient γ serait tout à fait négligeable, et que c'est dans ce système de coordonnées qu'on pourrait, comme l'ont fait tous les géomètres, y compris Tisserand, en faire complètement abstraction.

Ce serait un nouvel argument en faveur de l'emploi de celui-ci. Mais nous pensons, avec tous les astronomes, que la distance entre les deux pôles est supérieure à $0'',1$.

On pourra la déduire des observations de latitude, en faisant usage des formules relatives aux axes principaux, et particulièrement de la formule (5'), qui permettra de déterminer cette distance.

C'est ce système d'axes qu'on n'eût jamais dû abandonner et auquel on reviendra; mais il en est plus que temps.

Depuis dix ans je défends cette opinion (*).

J'espère que la présente note, qui est mon dernier mot sur ce sujet (à moins qu'on ne tente de me réfuter sérieu-

---

(*) *C. R.*, mai et juillet 1890. — *Bulletin astronomique*, 1891. — *Acta Mathematica*, 1892. — *Annuaire de l'Observatoire royal*, 1892-1897. — *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1892-1900.

sement), convaincra les astronomes qui ont à cœur le progrès de la science et leur propre réputation.

Afin de ne pas compliquer inutilement l'analyse, je me suis borné au cas d'une Terre rigide.

J'ajouterai ici les expressions, aussi complètes que je puis les donner, des termes de nutation qui doivent être ajoutés aux termes usuels pour l'écorce solide du globe. On les trouvera développés dans ma *Revision des constantes de l'astronomie stellaire* (1896) et ma *Théorie du mouvement de rotation de l'écorce solide* (1898).

I. — *Termes complémentaires de la nutation de l'écorce solide du globe.*

Ces termes sont, en obliquité et en longitude (*) :

$$\begin{aligned}
\Delta\theta &= \gamma'' \sin(\beta'' - \beta' t) - \gamma \sin(\varphi + \beta t + \beta_0) - \gamma' \sin(\varphi + \beta' t + \beta'_0) \\
&= \nu \quad [\Sigma_1 \cos 2\varphi + \Sigma_2 \sin x\varphi] \\
&\quad - \iota \quad \sin(\varphi + \mathrm{I}) \cos(\odot - \mathrm{A}) \\
\sin\theta\Delta\psi &= \gamma'' \cos(\beta'' - \beta' t) - \gamma \cos(\varphi + \beta t + \beta_0) - \gamma' \cos(\varphi + \beta' t + \beta'_0) \\
&\quad + \nu \quad [-\Sigma_1 \sin z\varphi + \Sigma_2 \cos z\varphi] \\
&\quad - \iota \quad \cos(\varphi + \mathrm{I}) \cos(\odot - \mathrm{A}).
\end{aligned}$$

Σ_1 et Σ_2 représentent :

$$\begin{aligned}
\Sigma_1 &: -1.15 - 0.135 \cos\delta + 0.36 \cos 2\odot + 0.84 \cos 2cc, \\
\Sigma_2 &: \quad\quad -0.18 \sin\delta + 0.39 \sin 2\odot + 0.88 \sin 2cc.
\end{aligned}$$

On prendra, pour la nutation diurne, $\nu = 0'',067$, et L, longitude du premier méridien, égale à $2^h 15^m + l$, l désignant la longitude de l'observatoire à l'W de Greenwich.

(*) Je fais abstraction des termes correctifs en $2\odot$ et en $\odot$ exposés dans le dernier ouvrage cité, page 3.

Le terme en γ est le terme eulérien proprement dit d'une période de trois cents jours environ.

Le terme en γ' est le terme chandlérien d'une période de quatre cent trente jours environ, de même que celle du terme rétrograde en γ''. Le terme en i provient du déplacement du pôle d'inertie de l'écorce dû à des circonstances climatologiques. Il indique, à proprement parler, une *variation réelle* de la latitude.

Une autre cause produira également des *variations réelles de latitude :* c'est l'élasticité de l'écorce.

Une dernière influence enfin doit être étudiée : celle des *déviations périodiques de la verticale,* qui proviennent de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau.

Quand on possédera les formules relatives à ces deux derniers points, on aura l'explication intégrale du phénomène connu sous le nom de *variation des latitudes.*

—

Sur la décomposition de l'iodoforme en solution chloroformique; par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

Dans le courant de mes recherches sur l'influence des conditions atmosphériques sur l'activité intellectuelle et physique des êtres vivants, j'ai senti plus d'une fois la nécessité d'établir que cette même influence doit exister aussi sur les réactions chimiques. C'est même cette idée qui m'a amené à entreprendre mes recherches sur l'attention et la force musculaire (1896 et années suivantes).

Nous savons, à priori, qu'il doit en être ainsi, car en été il fait plus chaud qu'en hiver, et la grande majorité des réactions chimiques est favorisée par une élévation de

température. Les saisons ne se caractérisent pas seulement par une différence de température moyenne; il y a aussi une différence corrélative d'intensité lumineuse, et c'est sur celle-ci que j'aurais voulu me baser pour suivre une réaction quelconque à travers l'année. Je songeai immédiatement aux composés iodés et je pointai, en premier lieu, l'iodoforme en solution chloroformique. Comme on le verra dans la suite, je n'ai pu exécuter mon projet.

On admet généralement que l'iodoforme se décompose à la lumière solaire suivant cette égalité :

$$2CHI_3 + O_3 = 3I_2 + 2CO_2 + H_2O \text{ (*)}.$$

Un premier essai me donna les résultats suivants :

Dates.	Température.	Soleil.	CHI_3 grammes	I grammes.	I °/₀.	$CHCl_3$ centim. cubes.
11-11-99	14°.8-15°	Clair (**).	0,3310	0,118775	35.88	33,1
			0,2588	0,103676	40.06	25,8
			0,2070	0,086766	41.95	20,7
14-11-99	14°.3-13°.4	Clair. . .	0,4302	0,164574	38.25	43,0
			0,2070	0,083515	40.35	20,7

(*) G. Daccomo, *Ann. di Chim.*, 1885, 209. (Beilstein.) Je dois dire, dès maintenant, que la décomposition de l'iodoforme, pour une même source lumineuse, est variable suivant le dissolvant.

(**) Je n'ai pu me procurer un appareil me permettant d'exprimer l'intensité lumineuse en chiffres.

L'exposition des solutions avait lieu dans des flacons bouchés à l'émeri, de 155 centimètres cubes de contenance, à l'air de mon jardin, le 11 novembre 1899, de 12 h. 10 m. à 13 h. 10 m.; le 14 novembre 1899, de 12 h. 30 m. à 13 h. 30 m.

Ces résultats semblent confirmer l'hypothèse de Daccomo. Poursuivant mon idée, je me disais qu'en opérant en présence d'une même quantité d'oxygène, je devais obtenir pour plusieurs flacons, exposés durant la même heure, à la même source lumineuse, des % identiques d'iode libre. La première fois, j'exposai les flacons non bouchés; la deuxième fois, ils étaient complètement remplis de chloroforme et bien paraffinés. Dans les deux cas, j'obtins encore des quantités différentes d'iode libre. Il en résulte d'une façon évidente que l'oxygène seul n'est pas la cause de la décomposition de l'iodoforme, comme l'égalité de Daccomo semble vouloir le démontrer. Je résolus, en conséquence, de faire une étude méthodique du phénomène, et ce sont les résultats obtenus, condensés dans les lignes suivantes, que j'ai l'honneur de soumettre à l'appréciation de l'Académie.

I.

Voici le plan que j'ai suivi dans mes opérations :

A. Examiner, à la lumière solaire, l'intensité de la décomposition : *a*) pour des solutions iodoformiques de

concentration identique, à la même température, en présence de la même quantité d'oxygène (d'air); *b*) pour des solutions iodoformiques de concentration différente, à la même température, en présence de la même quantité d'oxygène (d'air); *c*) pour des solutions iodoformiques de même concentration, à des températures différentes, en présence de la même quantité d'oxygène (d'air); *d*) pour des solutions iodoformiques de même concentration, à la même température, en présence de quantités différentes d'oxygène (d'air).

B. Examiner, à l'obscurité, l'intensité de la décomposition pour des solutions mises dans les mêmes conditions qu'en *A* (*a*, *b*, *c*, *d*).

C. Mesurer, à la lumière solaire, l'intensité de la décomposition en l'absence de l'oxygène (d'air) : *a*) des solutions iodoformiques de même concentration, à la même température, pour la même source lumineuse; *b*) des solutions de dilution différente, à la même température, pour la même lumière; *c*) des solutions de même titre en iodoforme, à des températures différentes, pour la même lumière; *d*) des solutions de même concentration, à la même température, ayant été sous l'influence d'intensités lumineuses différentes.

D. Examiner, à l'obscurité, la décomposition des solutions énumérées en *C* (*a*, *b*, *c*, *d*).

II.

Les résultats sont représentés par le tableau suivant :

Dates.	Température.	Soleil.	CHI_3 grammes	I grammes.	I °/o.	$CHCl_3$ centim. cubes.
			A, *a*.			
8-12-99	3°.9 à 4°.5	Clair . .	0,1300	0,012302	9.46	13,0
			0,0751	0,007665	10.20	7,5
Exposition de 12 à 13 heures. Dans chaque flacon bouché avec de la soie de verre, le $CHCl_3$ était recouvert de 10 centimètres cubes d'H_2O bouillie.						
12-12-99	-2 à -4°.9	Voilé . .	0,1434	0,033121	23.09	14,3
			0,3038	0,063025	21.07	30,3
Exposition de 12h5m à 13h5m. Flacons bouchés avec de la laine de verre. Les alentours blanc de neige.						
17-12-99	1°.8 à 1°.3	Pâle . .	0,1413	0,0152359	10.77	14,1
			0,1968	0,0181276	9.21	19,6
Exposition de 11h40m à 12h40m. Bouchons de laine de verre.						
			A, *b*.			
8-12-99	3 à 3°.8	Clair . .	0,1452	0,066716	46.00	14,5
			0,1163	0,054605	46.95	14,5
Exposition de 10h45m à 11h45m. Flacons identiques, bouchés à l'émeri.						
9-12-99	5°.2 à 5°.0	Clair . .	0,7525	0,0468433	6.22	50,0
			0,1012	0,038799	38.33	50,0
			0,1845	0,040219	21.35	50,0
Exposition de 11h45m à 12h45m. Les couches chloroformiques recouvertes de 20 centimètres cubes d'H_2O. Flacons identiques bouchés à l'émeri.						

Dates.	Température.	Soleil.	CHI_3 grammes	I grammes.	I %.	$CHCl_3$ centim. cubes.
			A, *c*.			
20-12-99	4°	Laboratoire	0,3459375	0,01987293	5.75	25,0
	50-60°		0,3459375	0,02933623	8.49	25,0

Exposition de 11h30m à 12h30m. J'ai employé une solution chloroformique de 200 centimètres cubes contenant 2gr,7675 de substance. J'ai laissé couler dans deux ballons de même forme, à long col, 25 centimètres cubes de la solution. L'un était placé sur une plaque d'asbeste chauffée et était muni d'un réfrigérant en verre bouché avec un tampon de laine de verre; l'autre était placé à côté, sur une élévation, et était fermé de la même manière. Lumière diffuse.

			A, *d*.			
16-11-99	16°.4 à 15°.2	Clair . .	0,0967	0,059184	61.20	9,6
			0,3131	0,145789	46.56	31,3
			0,2466	0,126666	51.36	24,6

Exposition de 12h10m à 13h10m. Flacons identiques, bouchés à l'émeri.

2-12-99	8°.7 à 8°.4	Peu . .	0,2980	0,060040	20.14	29,8
			0,3908	0,070921	18.14	39,0
			0,1852	0,04 1431	23.45	18,5

Exposition de 12h5m à 13h5m. Flacons identiques, bouchés à l'émeri.

B, *a*, *b*, *c*, *d*.

Quand on place une solution chloroformique d'CHI_3 dans l'obscurité, elle ne s'altère en rien quand on l'a préparée à l'abri de la lumière; ni le degré de dilution ni la quantité d'oxygène (d'air) n'ont une influence quelconque: seule une élévation de température est capable de produire une altération dosable de la substance.

Dates.	Température.	Soleil.	CHI_3 grammes	I grammes.	I °/o.	$CHCl_3$ centim. cubes.
24-12-99	Ébullition.	Obscurité.	0,3850	0,020819	5.43	38,5

Exposition de 12 à 13 heures. L'ébullition a été maintenue pendant une heure. Un flacon de comparaison a été abandonné à la température ambiante durant quinze jours; après ce temps, son contenu ne colorait pas l'amidon.

C, *a*.

22-12-99	-4 à -4°.5	Brouillard.	0,4981	0,013871	2.78	36,0
			0,4926	0,011909	2.43	35,6

Exposition de 12 à 13 heures. Deux flacons de 36 et de 35cc,6 de contenance, bouchés à l'émeri, remplis avec la solution indiquée en A, *c*; elle était légèrement colorée; j'y ai dosé l'iode libre avant l'expérience.

C, *b*.

12-12-99	-2 à -4°.9	Voilé.	0,1671	0.028295	16.93	30,0
			0,0950	0,026497	27.89	30,0

Exposition de 12h5m à 13h5m. Flacons de 30 centimètres cubes bouchés à l'émeri.

C, *c*.

17-12-99	4 à 6°	Laboratoire	0,0866	Amidon non coloré.		30,0
	Porté à 50°		0,0866	0,0023638	27.31	30,0

Exposition de 12 à 13 heures. Flacons de 30 centimètres cubes.

Dates.	Température.	Soleil	CHI_3 grammes	I grammes	I %	$CHCl_3$ centim. cubes.
			C, *d*.			
22-12-99	-4 à -4°.5	Brouillard.	0,4981	0,013871	2.78	3,60
			0,4981	Amidon non coloré.		3,60

Exposition de 12 à 13 heures. Flacons de 36 centimètres cubes bouchés à l'émeri. Le second dans une boîte.

D, *a*, *b*, *c*, *d*.

Dans l'obscurité, la chaleur seule peut avoir une action décomposante sur l'iodoforme, comme je viens de le prouver en B, *a*, *b*, *c*, *d*. Mais ici, en l'absence de l'oxygène, le résultat est plutôt négatif quand on maintient à l'étuve à 50° une solution renfermée dans un flacon bien rempli et bien bouché pendant plusieurs heures. Alors que le flacon de comparaison garde absolument son aspect initial, celui de l'étuve se fonce très nettement; mais ce phénomène n'est pas dû à la formation de l'iode libre, car l'amidon n'est pas coloré.

III.

L'examen des résultats précédents montre que pour la même source de lumière :

1° Dans les solutions chloroformiques identiques d'iodoforme, c'est-à-dire de même concentration, à la même température, en présence de la même quantité d'oxygène (d'air), la plus petite quantité de substance dissoute se décompose avec la plus grande intensité (A, *a*) ;

2° La quantité d'iodoforme qui est la plus diluée dans

le chloroforme sépare aussi la plus grande somme d'iode (A, *b*; C, *b*);

3° La solution chloroformique d'iodoforme qui est soumise à la plus haute température se dédouble le plus profondément (A, *c*; C, *c*);

4° La solution qui dispose de la plus grande quantité d'air (d'oxygène) met aussi le plus grand poids d'halogène en liberté (A, *d*).

Pour les solutions privées d'air (d'oxygène), nous constatons en outre que, pour deux sources de lumière différentes, la plus intense de celles-ci produit la plus grande décomposition (C, *d*).

Quant aux phénomènes qui se passent dans l'obscurité, ils sont vraiment curieux. Comme je l'ai montré en B et en D, une élévation de température est capable, par elle seule, avec le concours de l'oxygène, de mettre l'iode en liberté. Mais il y a plus. Un flacon contenant une solution iodoformique, mis dans une boîte cylindrique bien obscure à l'intérieur, expressément fabriquée pour cet usage, mise elle-même dans une armoire fermée placée dans l'obscurité, ne s'est altéré en rien après une exposition de plusieurs semaines (du 15 décembre 1899 au 10 février 1900); la solution était restée intacte et ne contenait pas trace d'halogène libre.

Mais le phénomène ne se passe pas ainsi avec une solution dont la décomposition a commencé dans la lumière solaire directe ou diffuse. Une certaine quantité d'iodoforme a été dissoute dans le chloroforme et exposée à la lumière du jour le 10 janvier 1900, de 9 h. 15 m. à 9 h. 30 m. du matin; après ce temps, la coloration était très nette, mais pas suffisamment forte pour empêcher de voir un fil de fer de 1 millimètre d'épaisseur, maintenu

contre la paroi extérieure du flacon, à travers le liquide rouge. Immédiatement le flacon fut mis dans une boîte semblable à la précédente et dans les mêmes conditions; après quarante-huit heures, le fil de fer n'était plus visible à travers le liquide presque noir. Dans une autre expérience, j'ai neutralisé une solution dont la décomposition avait eu lieu à la lumière solaire diffuse, exactement par l'hyposulfite de soude après addition de quelques centimètres cubes d'eau et 1 centimètre cube d'amidon; puis j'ai opéré comme dans l'expérience précédente. Après dix jours, le liquide était très foncé, d'un bleu d'encre sale. Il est à remarquer qu'une solution d'iode dans l'iodure de potassium, neutralisée également, ne s'altère plus dans l'obscurité (expérience de dix-huit jours); l'oxydation relativement facile des sels thioniques n'entre donc pas en ligne de compte dans ces sortes d'investigations et l'explication des phénomènes que je viens de rapporter me semble peu facile à donner.

H. Gautier et G. Charpy (*) expriment l'idée que l'iode peut avoir des poids moléculaires variables suivant la nature du dissolvant qui le dissout; ils auraient obtenu dans l'éther : $I_4 = 508$; dans le méthylbenzoïle : $I_3 = 381$; dans le benzène et le sulfure de carbone : $I_2 = 254$. Ils avancent également que cet halogène peut contracter des combinaisons avec un grand nombre de substances organiques, comme le benzène, le toluène, etc., ce qu'ils pensent démontrer en exposant une solution benzénique d'iode à la lumière solaire; ils décolorent ensuite par la potasse caustique et ils exposent à nouveau;

(*) *C. R.*, 1890, I, 189; 1890, II, 645.

la solution redevient rouge, ce qui est dû, disent-ils, à ce fait que la combinaison iodée organique, formée durant la première exposition, se dédouble et remet l'halogène en liberté. Ceci ne me paraît pas bien certain. J'ai fait l'expérience suivante : Au lieu de décolorer complètement une solution d'iode dans l'iodure de potassium, à la surface de laquelle j'avais versé une légère couche de toluène, j'ai neutralisé de façon à teinter l'hydrocarbure nettement de violet; ayant remis alors le flacon à l'action de la lumière diffuse du laboratoire, je constatais, vingt-quatre heures après, que la couleur avait disparu au lieu de s'accuser davantage; le toluène était devenu incolore.

Il paraît indéniable que l'iode en solution peut affecter des états moléculaires variables, en rapport avec les conditions dans lesquelles il se trouve; les expériences de Gautier et Charpy avec les amalgames sont typiques à cet égard. Et il est possible que les phénomènes que je viens de rapporter au sujet de la décomposition de l'iodoforme sont en relation intime avec cette particularité; d'autant plus qu'il paraît admis que les éléments à poids atomique élevé (I, Br), au point de vue de la grandeur des constantes thermo-chimiques, se rapprochent des corps composés (Berthelot, cité par Gautier et Charpy). Mais tout cela permet seulement de faire des suppositions, et mes expériences indiquent combien le problème peut paraître complexe; même le travail de L. von Stubenrauch (*) ne peut en rien contribuer, pour le moment, à sa solution.

(*) *Zeitschr. f. Unters. der Nahrungs- und Genussmittel*, 1898, 738.

IV.

En C je démontre qu'en l'absence de l'oxygène de l'air la décomposition de l'CHI_3 a lieu également.

J'ai encore voulu examiner si cette décomposition peut être poussée aussi loin que l'on veut en présence d'une quantité d'oxygène insuffisante pour amener, par elle seule, la mise en liberté de la totalité de l'halogène contenu dans l'iodoforme.

A cet effet, j'ai dissous $3^{gr},4425$ de substance dans 500 centimètres cubes de $CHCl_3$. De cette solution, j'ai prélevé trois fois 50 centimètres cubes que je versais dans trois flaçons à l'émeri d'une contenance de 155 centimètres cubes chacun. Aussitôt le prélèvement opéré, je bouchai et paraffinai immédiatement. Un petit flacon d'une contenance de $37^{cc},5$ fut préparé en même temps, de la même façon, avec 27 centimètres cubes de la solution chloroformique. Désignons ces flacons respectivement par I, II, III, IV.

L'exposition commença le 15 janvier 1900. Les flacons étaient posés sur un petit rayon devant la fenêtre de mon laboratoire et placés de façon à recevoir constamment chacun la même somme de lumière.

Flacon I. — Ouverture le 26 janvier.

Volume du liquide : 30 centimètres cubes. Volume d'air : 103 centimètres cubes. Oxygène : $0^{gr},031234$ (*). Substance : $0^{gr},34425$. Iode trouvé : $0^{gr},2048892$ = 59.51 %.

(*) Calculs d'après Dumas et Boussignault.

D'après l'hypothèse de Daccomo, pour mettre cette quantité d'halogène en liberté, il ne fallait que $0^{gr},02153$ d'oxygène :

$$2CHI_3 + 5O = 3I_2 + 2CO_2 + H_2O$$

$$80 \qquad 761,10$$

$$761.10 : 0.2048892 = 80 : x$$

$$x = 0,02153.$$

Flacon II. — Ouverture le 5 février.

Iode trouvé : $0^{gr},3030272 = 88.02$ %. Oxygène nécessaire : $0^{gr},0318514$. Il en manquait donc, d'après l'égalité précédente : $0^{gr},0318514 - 0^{gr},031234 = 0^{gr},0006174$.

Flacon III. — Ouverture le 12 février.

Iode trouvé : $0^{gr},315239 = 91.57$ %. Oxygène nécessaire : $0^{gr},033135$. Déficit : $0^{gr},033135 - 0^{gr},031234 = 0^{gr},001901$.

Flacon IV. — Ouverture le 12 février.

Volume du liquide : 27 centimètres cubes. Volume d'air : $8^{cc},7$. Oxygène : $0^{gr},0025878$.

Substance : $0^{gr},18589$. Iode trouvé : $0^{gr},0511396 = 27.51$ %. Oxygène nécessaire : $0^{gr},005375$. Déficit : $0^{gr},005375 - 0^{gr},002588 = 0^{gr},002787$.

Ces résultats montrent, ce me semble, une deuxième fois, que la présence de l'oxygène n'est pas indispensable pour amener la décomposition de l'iodoforme en solution chloroformique, et qu'il est probable que cette décomposition peut devenir complète (100 % d'iode), alors que la quantité d'oxygène pouvant agir est dûment insuffisante. Il est vrai que Daccomo a étudié le phénomène sur le pro-

duit sec (*) : ses ballons remplis d'CO_2 et d'N ne présentaient pas de décomposition, tandis que ceux remplis d'air ou d'oxygène contenaient bien, après l'action des rayons solaires, de l'iode libre.

V.

Les dosages de l'iode ont été effectués dans les flacons contenant l'iodoforme partiellement décomposé à l'aide d'une solution titrée d'hyposulfite de soude constamment vérifiée par la méthode au bichromate.

J'ajoutai d'abord quelques centimètres cubes d'eau, puis une quantité d'hyposulfite suffisante pour amener une teinte légèrement brune ; j'ajoutai ensuite l'empois d'amidon, et je titrai définitivement en secouant chaque fois le flacon bouché après l'addition d'une goutte d'hyposulfite.

VI.

De tout ce qui précède, il résulte bien qu'il n'est pas aisément possible d'employer le phénomène de la décomposition de l'CHI_3 pour suivre à travers l'année l'action des saisons sur les phénomènes chimiques. Il faudrait examiner pour cela des solutions constamment identiques dans toute l'acception du mot, ce qui est hérissé de difficultés, et faire les expositions durant une heure dans des conditions atmosphériques nettement comparables. Je n'ai pas encore trouvé une réaction plus stable, au moins aussi

(*) *Gazz. Chim. Ital.* 1876, *6*, 247. Cité par von Stubenrauch (*loc. cit.*).

sensible que celle de l'action de la lumière solaire sur l'iodoforme.

Jusqu'ici il n'y a que l'organisme vivant qui, pour les réactions chimiques qui se passent au sein de son corps, est, pour les influences saisonnières, d'une sensibilité extraordinaire. J'ai déjà exprimé ma pensée à cet égard (*), et je suis heureux de pouvoir citer à cette occasion les travaux de Maurel (**) et de Lamm (***), qui prouvent d'une façon saisissante que les combinaisons produites par les êtres vivants au sein de leur masse décrivent quantitativement (peut-être aussi qualitativement ?) une courbe à travers l'année, qui est parfaitement comparable, dans sa marche, à la courbe annuelle de la température.

Les résultats de mes recherches dans un autre ordre d'idées, que je publierai prochainement (IV), viendront encore confirmer mes idées à ce sujet.

Il me reste à contribuer à la solution d'un dernier problème : *Quels sont les rayons de la lumière blanche qui amènent la plus profonde décomposition de l'iodoforme ?* Aussitôt que je pourrai me mettre dans les conditions voulues pour l'aborder convenablement, ce qui ne m'a pas réussi jusqu'ici, je m'empresserai de donner connaissance des résultats obtenus.

Anvers, fin juin 1900. Laboratoire privé.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXIV, 1897, p. 384.

(**) *Influence des saisons sur les dépenses de l'organisme...* (C. R. Soc. biol., 1899, 229.) Analysé dans le *Paedol. Jaarb.*, 1900, I, 168.

(***) *Ueber den normalen refractometrischen Werth für Butter.* (Chem. Ztg, 1900, 394.)

(IV) A consulter d'abord : *Over de toename der spierkracht bij kinderen gedurende het schooljaar.* (Paedol. Jaarb., 1900, I, 1.)

Note préliminaire sur les Champignons recueillis par l'Expédition antarctique belge et déterminés par Mmes Bommer et Rousseau.

Les Champignons faisant partie des collections de l'Expédition de la *Belgica,* proviennent presque tous de la Terre de Feu. Un type seulement a été récolté à la Terre de Danco, c'est-à-dire dans la région antarctique proprement dite, mais il n'est pas possible de lui assigner une place précise dans la systématique générale, car il se présente sous forme d'un Sclérote dépourvu de carpophore.

Parmi les Champignons de la Terre de Feu, cependant peu nombreux (15 numéros), plusieurs sont intéressants, puisque, au nombre des échantillons récoltés, il se trouve dix espèces et formes non encore connues. C'est là une preuve nouvelle de la richesse de la Flore fongique, encore si peu étudiée, des contrées australes tempérées, qui, par leur climat si constant et si humide, doivent être une des régions du globe les plus favorables au développement des Champignons.

88bis. — *Omphalia stella* n. sp.

Pileo hemisphaerico-expanso, glabro, diaphano, medio fuscescente, 1 mm. diam.; stipite capillari, glabro, 10-12 mm. longo, basi in bulbulum fuscum, vix conspicuum terminata. Lamellis 12, pliciformibus, adnatis, non sinua-

tis, ex quibus 6 sunt visibiles, centro pilei concolores et 6 hyalinae, vix perspicibiles.

Hab. — Ad ramos emortuos. Lapataïa. Canal du Beagle. Terre de Feu.

Espèce voisine de *O. polyadelpha* Lasch. Elle en diffère par le chapeau ni sillonné ni floculeux et par le renflement brunâtre de la base du stipe.

101. — *Flammula inconspicua* n. sp.

Pileo sub-carnoso, medio fere umbonato, margine tenui, subrepando, e convexo plano, levigato, albido-lutescente (1), 2 $^1/_2$ cm. diam.; lamellis adnatis, alutaceis?; stipite carnoso, striato, deorsum incrassato, 1 cm. $^3/_4$ longo, 7 mm. crasso; sporis oblongis, levibus, brunneis? 4 — 6 = 3.

Hab. — Ad terram, in silvis. Lapataïa. Canal du Beagle. Terre de Feu.

106. — *Trametes albido-rosea* n. sp.

Pileo dimidiato-ungulato, postice porrecto, suberoso, scruposo, azono, albido-roseo, intus albido, margine rotundato, 4 $^1/_2$ cm. lat., 2 $^1/_2$ cm. cr.; hymenio concavo, fusco, margine sterili, 1 $^1/_2$ cm. lat.; poris minutis, angulosis; sporis (conidiis?) numerosis, subglobosis vel ellipticis, brunneis 3 — 4 $^1/_2$.

Hab. — Ad truncos emortuos Fagi. Lapataïa. Canal du Beagle. Terre de Feu.

---

(1) La coloration est indiquée d'après les notes du Dr Racovitza.

84 et 85. — *Exidia rubra* n. sp.

Undulato-gyrosa, 12 mm. lat., 9 mm. alt., extus subtomentosa, cinnabarina vel lateritia; basidiis globosis; sporis cylindraceis, curvulis, quandoque septatis et granulosis, ex uno latere breve apiculatis (in puncto insertionis?).

Hab. — Ad fragmentum ligneum putrescens. Hope Harbour. Ile Clarence. Magellan Chili. — Baie du Torrent. Ile Londonderry. Magellan Chili.

97. — *Podocrea deformans* n. sp.

Stromate verticali, clavariformi, 8 mm. longo, 3 mm. lato, brunneo-aurantiaco (in alcohole). Peritheciis in parte superiore stromatis immersis, piriformibus, 210 = 180 μ, ostiolo prominulo ornatis, in tumore lignoso noduloso insertis; conidiis hyalinis, ellipticis, 1 — guttulatis, 3 — 4 $^1/_2$ = 3; basidiis 18 — 24.

Hab. — In ramis Fagi antarcticae. Harberton Harbour. Canal du Beagle. Terre de Feu Argentine.

Le mycélium du champignon détermine la formation d'une tumeur ligneuse, caractérisée par l'hypertrophie des différents éléments du bois et par le très grand développement du parenchyme ligneux gorgé d'amidon, ainsi que par la réduction en longueur des trachéides, qui prennent souvent le même volume que les cellules du parenchyme avoisinant.

La surface de cette tumeur est composée de nodosités sur lesquelles s'insère le champignon, qui laisse, après sa disparition, une cicatrice ombiliquée. L'aspect extérieur de cette espèce offre quelque analogie avec la figure

que Tulasne donne de *Hypocrea alutacea* Ces. et de Not. (Carp. III. 34), mais elle en diffère totalement par son mode de croissance et par ses dimensions. *H. alutacea* est parasite sur *Clavaria ligula* et *Spathularia flavida*, tandis que notre espèce possède un stroma propre. Nos exemplaires, non arrivés à maturité, ne renferment ni asques ni spores.

96. — *Puccinia cingens* n. sp.

Aecidiis in soros hypophyllos junctis, maculis pallidis, orbicularibus, prominentibus insidentibus; pseudoperidiis brevibus, cylindraceis, margine laciniato; aecidiosporis flavis, ellipticis, 24 = 12, vel cuboideis 21 = 15. Soris teleutosporiferis hypophyllis, circa aecidia sitis, vel epiphyllis sine aecidiis ; teleutosporis bi-cell. fuligineis, claviformibus vel ellipticis, non vel vix constrictis, loculo inferiore attenuato, loculo superiore apice versiformi, truncato, rotundo vel subattenuato, 36 — 48 = 18 — 21, pedicello brevi, hyalino.

In foliis Violae sp. — Harberton Harbour. Canal du Beagle. Terre de Feu.

100. — *Sarcoscypha Racovitzae* n. sp.

Cyathiformis, inferne costato-scrobiculata, 4 cm. lata, 3 1/2 alta; hymenio luteo-aurantio, extus albida (in alcohole tota brunnea), margine externo pubescente; stipite brevi, 1 1/2 cm. longo, 1 cm. crasso. Ascis cylindraceis, 8 - sporis, 270 = 12 - 15, parte sporifera 105-120 = 15 - 17; sporidiis hyalinis, ellipticis, oblique monostichis, intus granu-

lato nubilosis, 18 - 20 = 8 - 9. Paraphysibus linearibus, rarioribus.

Hab. — Ad lignum putrescentem. Lapataïa. Canal du Beagle. Terre de Feu Argentine.

La forme de cette Pezizée la rapproche du genre *Acetabula*, mais son habitat, sa coloration et la pubescence de la marge doivent la ranger dans le genre *Sarcoscypha*.

104bis. *Coniothyrium Hookeri Speg.*

Hab. — Ad basim Cyttariae Darwinii. Lapataïa. Canal du Beagle. Terre de Feu Argentine.

Dans nos exemplaires, l'aspect extérieur des périthèces et leurs dimensions concordent exactement avec la description donnée par Spegazzini, mais l'état d'imparfaite maturation de nos échantillons ne nous permet pas de conclure avec certitude sur leur identité. Peut-être conviendrait-il de donner à cette forme le nom de *Coniothyrium Cyttariae*, puisqu'elle a été observée sur différentes espèces de *Cyttaria*.

104ter. — *Chalara Cyttariae* n. sp.

Caespitulis atris, effusis, oculo etiam armato inconspicuis, hyphopodio brunneo, septato, ramulis brevibus, fuscis, inflatis, 15 - 30 = 6 μ, in basi peritheciorum *Coniothyrii* repentibus. Hyphis fertilibus erectis, brevissimis, simplicissimis, sursum attenuatis, hyalinis, basi dense congestis et tunc fuligineis, 19 - 45 - 1 = 5 μ. Conidiis hyalinis, catenulatis, 12 - 15 = 2 μ, cylindraceis in tubulis for-

matis, ex apice hypharum exsilientibus, deinde in articulos subellipsoideos secedentibus.

Ad basim Cyttariae Darwinii, inter perithecia Coniothyrii effusa. Lapataïa. Canal du Beagle. Terre de Feu Argentine.

Probablement un état conidien de *Cyttaria Darwinii*.

88. — *Sclerotium* (*Myxomycetis*).

Subglobosum, 2 - 3 mm., reniforme vel elongatum, quandoque lobatum; cute albida, sub lente vix flocculosa, firma, non separabili; substantia interna compactiuscula, sine venis, cellulis globosis 24 - 30, e mutua pressione polygoniis tota formata, protoplasmate granuloso flavo-brunneo, ad centrum condensato.

Hab. — Inter corticem et lignum arborum putrescentium. Lapataïa. Canal du Beagle. Terre de Feu Argentine.

D'après sa structure, cette production fongique doit être rangée parmi les sclérotes des Myxomycètes. Quelques exemplaires de *Lycogala epidendrum* se trouvaient au nombre des espèces provenant de la même localité, et ces sclérotes offraient avec eux la plus grande analogie par leur mode de croissance. Il est possible qu'ils appartiennent à ce genre, sans toutefois qu'on puisse l'affirmer.

173. — *Sclerotium antarcticum* n. sp.

Liberum, inaequaliter globosum vel elongatum 2-3 mm. quandoque puncto prominulo praeditum, intus album; superficie corrugata. Cute tenui membranacea, atra, bene

limitata, ex elementis cellularibus valde sclerotificatis constituta, adspectu carbonaceo. Moles interna ex hyphis cylindraceis, in substantia gelatinosa immersis formata.

Hab. - Intra culmos Airae antarcticae. Terre de Danco.

Ce sclérote offre une très grande analogie d'aspect et de structure avec celui de *Collybia racemosa*. Il est probable qu'il se rapporte à cette espèce ou à une espèce voisine, mais il devra conserver le nom spécifique provisoire que nous lui avons donné, tant qu'il n'aura pas été trouvé en relation directe avec un carpophore bien caractérisé.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Bambeke (*Ch. Van*). Sur une monstruosité du Boletus luteus L., suite de parasitisme. Gand, 1900; extr. in-8° (14 p. et 1 pl.).

Van den Broeck (*Ernest*). Les dépôts à Iguanodons de Bernissart et leur transfert dans l'étage purbeckien ou aquilonien du jurassique supérieur, etc., fascicule 1. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (68 p.).

De Wildeman (*E.*). Les Algues de la flore de Buitenzorg. Essai d'une flore algologique de Java. Leyde, 1900; in-8° (XI-457 p. et 16 pl.).

Klompers (*Théophile*). Cours théorique et pratique d'algèbre financière. Anvers, 1900; in-8° (XXXIX-363 p.).

Meunier (*F.*). Le parasitisme chez les insectes. — Structure et développement post-embryonnaire de l'ovaire des

Insectes. — Un organe singulier de Paecilocerus socotranus Burr. — La faune des cavernes de la Moravie. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (7 p.).

Seward (*A.-C.*). La flore wealdienne de Bernissart. Bruxelles, 1900; extr. in-4° (37 p. et 4 pl.).

Gilson (*Gustave*). Exploration de la mer sur les côtes de la Belgique en 1899. Bruxelles, 1900; in-4° (81 p. et 3 pl.).

Pasquier (*Ern.*). De la nomographie et de la nécessité de l'introduire dans l'enseignement. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (8 p.).

— De la décimalisation du temps et de la circonférence. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (46 p.).

Ministère de l'Agriculture. Recensement général de 1895 : partie analytique, 1900.

Louvain. *La Cellule*, recueil de cytologie et d'histologie générale, tome XVII, 1er fascicule, 1900.

Gembloux. *Station agronomique de l'État*. Bulletin nos 66-68, 1899-1900 (A. Petermann).

—

Allemagne et Autriche-Hongrie.

Berlin. *Kön. preuss. Akademie der Wissenschaften*. Die Zweihundertjahrfeier des kön. Akademie, am 19. und 20. März 1900. In-4°.

Cassel. *Verein für Naturkunde*. Abhandlungen und Berichte, XLV, 1899-1900.

Locse. *Ungarischer Karpathen-Verein*. Jahrbuch, 1900.

Darmstadt. *Verein für Erdkunde*. Notizblatt, 20. Heft, 1899.

Stuttgart. *Verein für Naturkunde*. Jahreshefte, 56. Jahrgang, 1900.

HAMBOURG. *Naturwissenschaftlicher-Verein*. Verhandlungen, 1899.

VIENNE. *Gouvernement de la Bosnie et de l'Herzégovine*. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen an den Landesstationen in Bosnien und der Herzegovina, 1897. In-4°.

—

AMÉRIQUE.

INDIANAPOLIS. Department of geology and natural Resources, 24th Report. 1899.

American Association of the advancement of science. Proceedings, 1899. In-8°.

MINNEAPOLIS. *Geological and natural history survey*. Report, vol. I; III part 2 and IV, 1872-1898. Saint-Paul, 3 volumes in-4°.

DAVENPOORT. *Academy of natural sciences*. Proceedings, vol. VII. 1900.

NEW YORK. *Museum of natural history*. Bulletin, vol. XII. 1899.

RIO DE JANEIRO. *Museu nacional*. Archivos, volume X, 1897-1899. In-4°. — Revista, volume I, 1896.

— *Sociedade de geographia*. Revista, tomo XIII, 1898-1900.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — Nos 9-10.

Séance du 13 octobre 1900.

M. Ch. Lagrange, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Jos. De Tilly, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, Éd. Van Beneden, G. Van der Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, C. Le Paige, F. Terby, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* Paul Pelseneer, *correspondant.*

M. le baron Edm. de Selys Longchamps écrit pour exprimer ses regrets de ne pouvoir assister à la séance.

CORRESPONDANCE.

—

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet, de la part du Gouvernement allemand, les cinq volumes du voyage de circumnavigation de la Gazelle, de 1874 à 1876 (*Forschungsreise S. M. S. « Gazelle » in den Jahren 1874 bis 1876*), sous le commandement du capitaine de vaisseau, le baron von Schleinitz, et publiés par le Bureau hydrographique de l'Administration de la Marine impériale. Cet ouvrage est divisé en cinq parties : I. Compte rendu du voyage. II. Physique et chimie. III. Zoologie et géologie. IV. Botanique. V. Météorologie.

— Remerciements.

— Le même Ministre fait parvenir :

1° Au nom du Gouvernement de la Suède et de la Norvège, les statuts et règlements de la fondation Nobel. Il exprime, en même temps, le désir d'y voir donner la publicité la plus étendue en raison du caractère international de l'Institution ;

2° Vingt-cinq exemplaires de chacun des rapports sur les concours décennaux des sciences botaniques et des sciences physiques et chimiques.

— Remerciements.

— M. le Ministre des Finances et des Travaux publics transmet un extrait d'inscription au grand-livre de la dette publique belge 2 $^1/_2$ %, de la fondation Melsens, dont la rente annuelle s'élève à 430 francs à partir du 1er juillet.

La Classe désigne MM. Spring, Henry, Van der Mensbrugghe et De Heen pour s'occuper du règlement de ce prix qui doit être décerné tous les quatre ans.

— La Société des sciences naturelles de Buffalo (E.-U. d'Amérique) notifie la mort de son président David F. Day, décédé le 21 août 1900.

Une notification semblable est faite par l'Université de Californie, à Berkeley, au sujet de la mort de James Edward Keeler, A. B., S. C. D., directeur de Lick Observatory, décédé à San-Francisco, le 12 août 1900.

— M. Roald Amundsen, de Christiania, qui a fait partie de l'Expédition antarctique belge, remercie pour la médaille d'or qui lui a été offerte à ce sujet, par la Classe des sciences, en séance publique du 17 décembre 1899 et qui n'a pu lui être remise que le 10 août dernier, lors de son retour d'un long voyage sur mer.

— M. N.-W. Thomas, de l'Institut anthropologique de Londres, envoie un exemplaire imprimé de son *Questionnaire sur les croyances relatives aux animaux.*

— M. René Lavachery, rue Geefs, 39, à Schaerbeek, demande le dépôt de cinq plis cachetés dans les archives de l'Académie. — Adopté.

— M. le Ministre de l'Intérieur et l'Instruction publique envoie, pour la Bibliothèque de l'Académie, un exemplaire de la *Revue de l'Université de Bruxelles*, 5e année, 1899-1900, nos 5-10.

L'État indépendant du Congo fait parvenir :

Annales du Musée du Congo; Botanique, 2e série,

tome Ier, fasc. 2 (2e partie); par De Wildeman et Durand.

Remerciements.

Hommages d'ouvrages :

Albert Ier, prince souverain de Monaco. *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, fascicules XIII-XVI;

Notes sur Lentinus suffrutescens; par Ch. Van Bambeke;

Sur les phénomènes capillaires; par G. Van der Mensbrugghe;

Sur les variations de la teneur en fer de quelques eaux minérales de Spa. — Comparaison de la température de l'air et de celle d'une source de Spa; par G. Dewalque (avec une note de l'auteur qui figure ci-après);

Souvenir de la manifestation en l'honneur de M. le Professeur Louis Henry (7 juin 1900);

Georges Clautriau. Esquisse biographique; par L. Errera;

État actuel de nos connaissances sur le Silurien de la Belgique; par C. Malaise (avec une note de l'auteur qui figure ci-après);

Nature et signification des alcaloïdes végétaux; par G. Clautriau;

Discorso per l'inaugurazione del monumento al Prof. Meneghini; par J. Cocchi (présenté par M. Dewalque);

Archives de l'Institut botanique de l'Université de Liége, vol. II (offert par M. A. Gravis);

Manuel de la Faune de Belgique; par Aug. Lameere, tome II (présenté par M. Éd. Dupont).

— Remerciements.

— Travaux manuscrits à l'examen :

1° *Sur la physiologie de l'Épithélium cornéen. Imperméabilité relative à l'oxygène;* par G. Bullot. — Commissaires : MM. Fredericq et Masius;

2° *Sur la configuration superficielle de notre globe;* lettre adressée par M. Ed. Croegaert, à Anvers. — Commissaires : MM. Renard et Lancaster;

3° *Sur la marche de l'inversion du saccharose par les acides minéraux dans ses rapports avec la nature et l'intensité des rayons lumineux;* par G. Gillot. — Commissaires : MM. Henry et Spring;

4° *Sur un calendrier perpétuel;* par J. Marchal, de Jamioulx. — Commissaire : M. Folie.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

Les eaux de Spa.

En présentant à l'Académie une brochure sur les eaux de Spa, M. G. Dewalque s'exprime comme suit :

« J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie une petite brochure qui renferme deux notes, présentées au V° Congrès international d'hydrologie, de météorologie et de géologie médicale qui s'est tenu à Liége en 1898. La première, *Sur les variations de la teneur en fer de quelques eaux minérales de Spa,* donne les résultats de près de deux cents dosages du fer des sources de Barisart, de la Géronstère et du Pouhon, effectués de 1887 à 1890 inclusivement. Il en résulte que, contrairement à l'opinion commune, la richesse en fer est la plus forte en hiver et au printemps, et elle diminue en été et en automne. La différence entre le maximum moyen hivernal et le minimum

moyen estival atteint 10, 11 et 13 °/₀, respectivement pour ces trois sources.

L'autre note résume les observations faites en 1896, en 1897 et en 1898 sur la *Température de l'air et celle d'une source à Spa*. La température moyenne de l'air, pour ces trois années, a été 8°,29, celle de l'eau, 9°,09. »

—

J'ai l'honneur d'offrir à la Classe des sciences un ouvrage sur l'*État actuel de nos connaissances sur le Silurien de la Belgique* (Annales de la Société géologique de Belgique, t. XXVbis, Liége, 1890).

C'est le résultat de plus de quarante années d'explorations, de travaux et de recherches sur notre système silurien.

Lorsque je publiai, en 1873, mon mémoire sur le terrain silurien du centre de la Belgique, je rapportai les cinquante-deux espèces que je connaissais alors dans les divers gîtes fossilifères, au Caradoc supérieur.

Actuellement, je possède cent nonante-deux espèces réparties dans différentes divisions; elles m'ont permis de reconnaître dans notre système silurien les équivalents de la plupart des assises constatées dans les îles Britanniques.

On trouve dans l'ancien massif ardoisier du Brabant le cambrien ou silurien inférieur, l'ordovicien ou silurien moyen, et le gothlandien ou silurien supérieur.

Dans la bande de Sambre-et-Meuse, j'ai rencontré à peu près tous les niveaux de l'ordovicien et du gothlandien, et de même que dans le Brabant, la plupart des niveaux graptolithiques des îles Britanniques.

C. Malaise.

RAPPORTS.

Sur les acides valériques α chlorés; par Léon Servais.

Rapport de M. Louis Henry, premier commissaire.

« L'étude comparative des dérivés *chlorés* des acides gras est intéressante, sous divers rapports, au point de vue de la *solidarité fonctionnelle* dans les composés carbonés. Elle peut conduire, en effet, à des déductions générales quant aux propriétés que tire la molécule totale de la présence simultanée du chlore et de l'oxygène, et quant à celles des chaînons carbonés, *carboxyle* -CO(OH) et *éther haloïde* -CCl, dans leur influence réciproque.

On ne peut évidemment utiliser dans ce but que des corps d'une structure moléculaire connue et bien sûrement déterminée.

Je me suis moi-même occupé depuis longtemps de cet objet, et je me permettrai, à cette occasion, de rappeler mes recherches de l'ordre expérimental, notamment celles déjà anciennes sur les acides propionique et butyrique monochlorés.

Un groupe d'acides intéressants, dans cet ordre d'idées, est, à cause de leur grand nombre, celui des *acides valériques chlorés* ou *pentanoïques* $C_5H_9ClO_2$, à l'étage C_5.

La première chose à faire au moment où l'on aborde cette recherche est évidemment d'appeler ces corps à l'existence. C'est dans ce but que j'ai demandé à l'un de mes élèves, M. Léon Servais, de s'occuper de ces composés.

C'est le résultat de ses recherches dans cette direction que M. Servais a l'honneur de présenter à l'Académie en ce moment.

Le nombre des *acides pentanoïques monochlorés* que prévoit la théorie est considérable. Ne pouvant embrasser cette étude tout entière, M. Servais s'est borné à faire celle des *acides monochlorés*, etc., renfermant le système bicarboné (HO)CO - CCl. Ce sont, en effet, ceux qui s'offrent tout d'abord à l'examen et dont la production paraît la plus aisée.

L'acide *valérique* ou *pentanoïque* (HO)CO - C_4H_9 se présente sous *quatre* variétés distinctes, déterminées par la structure diverse du complexe C_4H_9 uni au carboxyle - CO(OH). Trois de ces variétés isomères sont susceptibles de fournir des acides *monochlorés* α, auxquels on peut donner des noms rationnels en les rattachant à l'acide monochloro-acétique. Ce sont les acides

Propyl-acétique monochloré	$(HO)CO-CHCl-CH_2-CH_2-CH_3$
Isopropyl-acétique monochloré	$(HO)CO-CHCl-CH < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}$
Méthyl-éthyl-acétique monochloré	$(HO)CO-CCl < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_2-CH_3 \end{matrix}$.

Pour les obtenir, il ne pouvait évidemment pas être question de recourir à l'action directe du chlore sur les acides simples correspondants. Il a fallu s'adresser à des composés en C_5, d'une nature bien connue, susceptibles de se transformer aisément en acides, dans des réactions où l'arrangement des éléments dans la molécule n'est pas de nature à être modifié.

M. Servais a employé dans ce but les cyanhydrines en C_5, CN - C_4H_8(OH), produits de l'addition de l'acide cyanhydrique HCN aux aldéhydes butyrique normale et isobutyrique, et à la cétone méthyl-éthylique CH_3 - CO - CH_2 - CH_3.

Sous l'action du pentachlorure de phosphore, ces *cyanhydrines* se transforment aisément en *nitriles valériques monochlorés* $CN - C_4H_8Cl$. Ces nitriles chlorés eux-mêmes, avec l'acide chlorhydrique concentré, se transforment, par hydratation, dans les acides correspondants $(HO)CO - C_4H_8Cl$.

Outre ces trois acides monochlorés, M. Servais a préparé leurs chlorures et leurs éthers éthyliques.

La composition centésimale de ces corps est établie sur des données analytiques suffisantes, et leur mode de production ne peut laisser aucun doute sur leur structure moléculaire.

M. Servais termine son travail par diverses remarques sur les propriétés comparées des divers corps qu'il a mis au jour.

Cet examen comparatif aurait pu être fait à d'autres points de vue encore, et le travail de M. Servais aurait ainsi été rendu plus complet sous ce rapport et sous d'autres encore. C'est évidemment le temps qui lui a manqué pour pousser plus loin l'étude qu'il avait entreprise. Il en est malheureusement fort souvent ainsi pour les travaux faits par des élèves en vue de satisfaire aux exigences de la loi pour l'obtention du grade de docteur en sciences.

Quoi qu'il en soit, le travail de M. Servais constitue une contribution utile et d'un réel intérêt à la connaissance générale des dérivés chlorés des acides gras.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe de l'insérer dans son *Bulletin*. »

M. Spring, second commissaire, se rallie à cette proposition qui est adoptée par la Classe.

—

Sur l'acétone méthy-éthylique

$CH_3 - CO - CH_2 - CH_3$;

par Léon Van Reymenant.

Rapport de M. Louis Henry, premier commissaire.

« Par une notice préliminaire, insérée dans le *Bulletin* de notre séance de février dernier, j'ai fait connaître, d'une manière sommaire, les résultats principaux des recherches entreprises par M. Léon Van Reymenant, un de mes élèves, sur la méthyl-éthyl-cétone $CH_3 - CO - CH_2 - CH_3$.

J'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie le mémoire rédigé par l'auteur lui-même sur cet objet.

J'ai déjà fait ressortir l'intérêt qui s'attache aux études de M. Van Reymenant. Parmi les faits qu'il rapporte, j'en relèverai un d'une manière spéciale. S'étant occupé surtout de l'action du chlore sur la méthyl-éthyl-cétone, il a constaté que l'action substitutive de cet élément soit libre, soit à l'état de chlorure de sulfuryle SO_2Cl_2, de même que celle du brome, se concentre exclusivement autour du chaînon oxygéné $> CO$, dans le système $- CH_2 - CO - CH_3$, et, dans ce système lui-même, de préférence sur le groupement $> CH_2$. On voit tout de suite combien cette constatation présente d'importance au point de vue de la dynamique réactionnelle des dérivés oxygénés des paraffines.

Les recherches de M. Van Reymenant ont été fructueuses, sans doute et d'abord parce que le sujet en lui-même était fécond, mais aussi, est-il permis de le croire, grâce à la persévérance et à l'habileté de leur auteur. Les

nombreux composés qu'il a mis au jour mériteraient certainement de devenir, à leur tour, l'objet de recherches spéciales.

Je regrette que M. Van Reymenant, qui, depuis l'an dernier, est entré dans l'industrie, ne soit plus à même d'entreprendre lui-même ces études et de donner ainsi à son travail le complément qu'il appelle naturellement. Peut-être trouverai-je, parmi les élèves de mon laboratoire, un aspirant docteur pour entreprendre l'étude des nitriles acétoniques et des acides qui leur correspondent. La science aurait certainement à y gagner.

Quoi qu'il en soit, le travail de M. Van Reymenant, dans son état actuel, constitue une contribution d'une réelle importance et d'un haut intérêt à la connaissance des dérivés des paraffines à fonctions multiples.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'insérer dans son *Bulletin* le substantiel travail de M. Van Reymenant. »

M. Spring, second commissaire, se rallie à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

Sur la décomposition de l'oxalate neutre d'ammonium; par M. H. Gillot.

Rapport de M. Louis Henry, premier commissaire.

« Les combinaisons additionnelles de l'ammoniaque aux acides se font remarquer, parmi tous les sels, par la décomposition aisée, avec régénération d'ammoniaque, qu'elles subissent dans diverses circonstances.

M. Gillot s'est proposé d'étudier, d'une manière précise, celle de l'oxalate diammonique.

Dans la première partie de ses recherches, il montre que la décomposition d'une solution étendue de ce sel dans l'eau est complète sous l'action de la chaleur, à la température de l'ébullition, qu'elle diminue rapidement avec l'abaissement de la température, jusqu'à devenir nulle à 50°, dans les conditions où il s'est placé.

Dans la seconde partie, il constate que ni l'*air sec*, à la température ordinaire ou à une température plus élevée, vers 65°, ni l'*air humide*, ne sont capables, même après un temps très prolongé, de provoquer la moindre décomposition du sel. Cette stabilité était bien à prévoir ; elle est d'accord avec l'élévation de la chaleur de combinaison de l'ammoniaque à l'acide oxalique, dans les diverses conditions où ces corps peuvent être présentés l'un à l'autre.

Dans la troisième partie, il étudie l'*influence de la lumière* sur la décomposition des solutions aqueuses du sel ammoniacal. Cette décomposition, très faible, mais réelle dans l'obscurité, s'accentue à la lumière diffuse et surtout à la lumière directe du soleil. La lumière agit ici, non comme cause *déterminante*, mais comme cause *accélératrice*. On le voit, cette conclusion est la même que celle à laquelle est arrivée M. Georges Lemoine, à la suite de ses remarquables études sur l'*Action chimique de la lumière pour la décomposition mutuelle de l'acide oxalique et du chlorure ferrique*.

On lira avec intérêt et profit le travail de M. Gillot. Ce n'est pas qu'il se distingue par la nouveauté complète de ses résultats, mais il est toujours utile et d'une réelle importance de pouvoir suivre, d'une manière précise, la marche progressive d'un phénomène à mesure que s'accentue l'intensité de la cause qui le provoque.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'insérer le travail de M. Gillot dans son *Bulletin*.

Avant de terminer, j'engagerai M. Gillot à examiner aussi la décomposition de l'oxalate ammonique, à sec, dans ses rapports avec la *pression atmosphérique*, à la température ordinaire et à des températures supérieures. Je l'engagerai même à aborder l'étude générale de la décomposition des combinaisons formées par l'ammoniaque et les amines avec les acides organiques de divers types.

L'étude méthodique de ce phénomène général, dans les diverses circonstances physiques où il peut être réalisé, sans être ni bien difficile ni coûteuse, me paraît de nature à conduire à des résultats d'un haut intérêt. »

—

Rapport de W. W. Spring, second commissaire.

« Notre éminent confrère, M. Henry, vient de faire connaître l'objet du travail de M. Gillot, ainsi que les résultats qu'il a produits. Je n'ai rien à ajouter à l'analyse, si claire, que la Classe vient d'entendre; mais, tout en me ralliant aux conclusions du savant premier commissaire, je désire formuler une réserve en ce qui concerne la rigueur de la méthode suivie par l'auteur pour déterminer la décomposition de l'oxalate d'ammonium dissous dans l'eau. Il ne me paraît pas certain, en effet, que le dégagement de l'ammoniaque du sel dissous donne la mesure de la décomposition. La température inférieure à laquelle le dégagement n'a pas été observé peut être supérieure à celle où la décomposition commence. Pour motiver mon opinion, je devrais toucher aux questions, encore peu éclairées aujourd'hui, qui se rencontrent à

la limite des phénomènes de dissolution, et ouvrir une discussion destinée à rester peut-être longtemps sans sanction. Mon désir est seulement d'appeler l'attention de l'auteur sur ce que la rédaction de son travail paraît avoir de trop absolu, et d'éviter qu'il ne se produise des observations au sujet de ses conclusions. »

La Classe décide l'impression au *Bulletin* du travail de M. Gillot.

A propos des cirques lunaires; par J. Vincent.

Rapport de M. A. Lancaster, premier commissaire.

« Mettant à profit une remarque de l'astronome américain W.-H. Pickering, au sujet d'expériences pouvant reproduire l'aspect des cirques lunaires, M. J. Vincent a eu l'idée de réaliser ces expériences, et il est arrivé à un résultat intéressant, qui confirme la théorie de la formation des cratères lunaires défendue par le sélénologue de Harvard Observatory. D'après cette théorie, un certain nombre de ces cratères affectent une forme polygonale, parfois même hexagonale, et les expériences de M. Vincent montrent comment ces formes ont pu se produire.

De nombreuses recherches ont été publiées sur cet important sujet dans ces dernières années, et tout fait d'observation ou d'expérience qui peut contribuer à l'élucider mérite d'être recueilli. C'est pourquoi je propose à la Classe d'insérer la note de M. Vincent dans le *Bulletin* de la séance. »

La Classe adopte cette proposition, à laquelle se rallie M. Terby, second commissaire.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

Une page de l'histoire de la chimie générale en Belgique : STAS ET LES LOIS DES POIDS (Notes additionnelles) ; par Louis Henry, membre de l'Académie.

Suum cuique. Ce précepte de morale gouverne la propriété, dans ses rapports avec les personnes, dans tous les domaines, dans le domaine de la science comme dans tous les autres. Il protège le droit chez les uns et crée des devoirs chez tous. C'est pour me conformer à ses exigences que je viens ajouter un complément à la lecture que j'ai eu l'honneur de faire à la séance publique de notre Classe, l'an dernier (1), sur *Stas et les lois des poids.*

Voici dans quelles circonstances. Parmi les chimistes qui se sont constitués les défenseurs des travaux de Stas contre les critiques dont ils ont été l'objet, dans ces dernières années, de la part de certains chimistes américains, se place, au premier rang, M. le Dr J.-D. Van der Plaats, d'Utrecht.

Je me crus obligé de lui envoyer un exemplaire de mon écrit.

La lettre que je reçus à cette occasion de mon savant

---

(1) 17 décembre 1899. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXXVII, première partie, pp. 815 et suiv.)

collègue est un document d'un haut intérêt sous divers rapports. J'en détache, avec son autorisation, les passages suivants qui concernent la question historique dont je me suis occupé :

« Utrecht, 14 avril 1900.

» . . . . . .

» Depuis bien des années, j'étudie les œuvres de Stas » qui, après Berzélius, fut le maître de la chimie de » précision. J'ai donc lu avec beaucoup d'intérêt votre » beau mémoire où vous mettez dans une lumière nou- » velle la portée philosophique et théorique des travaux » de Stas. Je crois que votre pensée, quant à son œuvre » et sa personne, est parfaitement exacte.

» Stas n'a pas fait de la chimie *progressive*, il a fait de » la chimie *fondamentale*. Or, pour la science comme » pour une armée, il est de première importance d'assu- » rer la parfaite sécurité de sa ligne de communication et » des conquêtes déjà acquises avant de marcher en avant » dans un pays encore obscur.

» Toutefois, je ne suis pas de votre avis que Stas ait été » le premier à prouver par des expériences la *loi des pro-* » *portions définies* dans son sens étendu.

» Stas dit : «« Parmi les faits dont se compose la »» science chimique, on en chercherait vainement un »» seul satisfaisant à la solution du problème : Si un »» corps binaire peut être transformé en un corps ter- »» naire sans qu'une fraction d'un des éléments du com- »» posé binaire reste en dehors du composé ternaire pro- »» duit. »» Et comme exemple, il cite la transformation » de BaS en $BaSO_4$.

» Eh bien, dans une lettre de Berzélius à Berthollet, » imprimée dans les *Annales de chimie*, 1811, tome » LXXVII, page 69, on lit : «« Par ces expériences, je me »» persuadai que le sulfure de plomb contient précisé- »» ment la quantité de soufre nécessaire à la formation de »» l'acide sulfurique requis pour saturer l'oxyde de plomb »» formé par cette même quantité de sulfure. Des expé- »» riences sur le sulfure de fer au *minimum* et sur le sul- »» fate d'oxidule de fer me prouvèrent que c'était le même »» avec le sulfure de fer. »» Et plus loin, pages 70-71 : «« En oxydant le sulfite de baryte à l'aide de l'acide »» nitrique, j'obtins du sulfate de baryte neutre, sans »» qu'il s'y formât ni de l'acide sulfurique superflu ni du »» nitrate de baryte. »»

» Dans les mêmes *Annales*, tome LXXVIII, pages » 21-22, 36, 132, 219, on trouve les détails de ces expé- » riences. Tome LXXIX, page 123, on lit encore une » fois : «« J'ai prouvé que le sulfure de plomb contient le »» soufre et le plomb dans le même rapport que dans le »» sulfate de plomb. »»

» Berzélius avait parfaitement senti la nécessité de » prouver par l'expérience non seulement la loi des pro- » portions définies pour les corps binaires, mais encore » pour les corps ternaires qui en dérivent. Ses détermi- » nations sont décisives dans les limites de la précision » qu'on pouvait atteindre en 1810. Il va sans dire que » les expériences de Stas sont bien autrement soignées et » précises, mais la loi qu'il prouve est la même que » celle qui a été indiquée par Berzélius. »

La lettre de M. Van der Plaats était bien faite pour me surprendre et m'émouvoir. Je pris connaissance des écrits

de Berzélius dont il y est fait mention. Ils m'intéressèrent au plus haut point et m'instruisirent sur bien des questions qui, pour n'être plus actuelles, sont encore des plus importantes au temps présent.

Je me hâte de dire qu'à la suite de l'étude attentive que j'en fis, dûment renseigné, je me sentis tranquillisé, je ne dirai pas rassuré, autant en ce qui concerne notre illustre confrère qu'en ce qui me concerne moi-même.

*
* *

Avant d'aborder l'examen des questions diverses que soulèvent ces documents anciens, je crois nécessaire de rappeler comment, dans ma lecture de décembre dernier, j'ai résumé la participation de Stas à l'établissement définitif de la législation chimique pondérale.

1° J'ai dit que Stas a établi, sur des expériences précises et rigoureuses, la certitude *mathématique* des lois qui régissent les proportions chimiques quant aux poids (1).

2° J'ai dit encore que c'est lui-même qui, contrairement à ses propres assertions, a donné à la loi des *proportions définies* sa véritable portée en y faisant voir deux vérités naturelles distinctes :

a) La constance de composition de toute combinaison;

b) L'invariabilité des rapports en poids des éléments dans toutes les combinaisons.

Dans son sens *restreint*, la loi des proportions définies constitue la *loi de Proust*. J'ai proposé de donner aussi à

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXVII, p. 841, 1899.

cette loi, envisagée dans son sens *étendu*, le nom de son auteur et de l'appeler désormais la *loi de Stas*.

3° J'ai dit enfin que, par ses travaux sur les lois des proportions chimiques, Stas avait établi, sur une base certaine, deux des propositions fondamentales de la *théorie atomique* : d'abord l'existence d'une limite à la divisibilité des corps lors des actions chimiques, ensuite l'identité de cette limite, pour un corps déterminé dans toutes les actions chimiques où il peut être engagé, c'est-à-dire, selon le langage ordinaire, la *constance* et l'*invariabilité des poids atomiques*.

Telles sont les propositions que je me suis efforcé de mettre, une fois encore et après d'autres, en lumière.

*
* *

Je tiens à constater, dès maintenant, que les observations de M. Van der Plaats ne concernent qu'un seul point de ces assertions, à savoir *la part qui revient à Stas dans l'établissement de la loi des proportions définies dans son sens étendu*. Il est vrai que ce point est d'une importance capitale à tous égards.

La lettre de M. Van der Plaats fut pour moi une véritable révélation. Je n'avais aucune connaissance ni de la lettre de Berzélius à Berthollet, ni du grand mémoire de Berzélius *Sur les proportions déterminées d'après lesquelles les éléments de la nature inorganique s'unissent*, qui en est le commentaire et le développement. Mon érudition a été sur ce point en défaut. Mais on va voir qu'il n'en pouvait être autrement.

Berzélius a publié un livre intitulé : *Théorie des proportions chimiques, etc.* J'en possède la seconde édition

française, *revue, corrigée et augmentée,* dit le titre, parue à Paris, en 1835. Cette *Théorie des proportions chimiques* est insérée tout entière, pour clôturer la chimie inorganique, dans le grand *Traité de chimie* publié par l'illustre chimiste suédois. Il a paru de ce livre des éditions multiples, en diverses langues, notamment deux éditions françaises, la première commencée en 1829, et la seconde en 1845. La publication de cette dernière, continuée jusqu'en 1850, fut interrompue à la suite de la mort de l'auteur, survenue, comme l'on sait, en 1848. C'est là que Berzélius a résumé, peut-on dire, toute son œuvre de savant. Voici, en effet, comment il s'exprime dans la préface de cette dernière édition :

« Je n'ai pu me dissimuler que quand même l'Être » suprême m'accorderait encore la vie et les forces » nécessaires pour l'achèvement de l'édition présente, » elle sera nécessairement la dernière. Par cette raison, » *j'ai cru devoir la refondre de manière à pouvoir y* » *déposer les idées qui finalement ont acquis pour moi le* » *plus de probabilité dans le long espace de temps pendant* » *lequel j'ai été assez heureux de pouvoir suivre avec une* » *attention non interrompue le développement de la science* » *depuis les premières années de la chimie antiphlogistique* » *jusqu'à nos jours.* »

C'était évidemment bien la place, dans une *Théorie générale des proportions chimiques,* et surtout dans cette *Théorie* insérée dans un ouvrage paraissant dans ces conditions, de rappeler, tout au moins d'une manière générale, des faits du genre de ceux consignés dans le mémoire de 1811-1812 et si exactement indiqués par M. Van der Plaats. Or, on ne trouve aucune mention explicite ni de ces faits eux-mêmes dans leur objectivité,

ni de la conclusion générale que Berzélius en aurait tirée selon M. Van der Plaats (1).

Si je n'ai pas connu ces documents, la faute, si toutefois faute il y a, ne m'en est pas imputable. Je suis autorisé à en faire remonter la responsabilité jusqu'à Berzélius lui-même. Le regret que j'éprouve de cette lacune dans mes informations n'est pour cela ni moins vif, ni moins sincère.

J'ajouterai encore qu'il n'est fait, nulle part ni en aucune façon, mention de ces documents dans les mémoires de Stas, ni dans celui de 1860 ni dans celui de 1865.

Ce silence autorise-t-il à croire que Stas n'a pas connu non plus le mémoire de Berzélius de 1811? Je suis loin de le prétendre. La nature des mémoires de Stas est sous ce rapport très significative. Ils sont, comme l'on sait, principalement consacrés à rendre compte, d'une manière minutieuse, de ses expériences et de ses déterminations personnelles. Les introductions par lesquelles ils s'ouvrent sont des dissertations d'ordre philosophique destinées à mettre en relief l'importance des questions

---

(1) Voici ce que l'on trouve dans la *Théorie des proportions chimiques* de Berzélius, de diverses époques : « Enfin, pour achever ce » petit tableau historique des travaux relatifs aux proportions chi- » miques, je dois ajouter que depuis l'année 1807, je me suis moi- » même appliqué à les étudier assidûment. Les différents mémoires » que j'ai publiés sur cette matière se trouvent dans l'ouvrage suédois » intitulé : *Afhandlinghar i Fysik, Kemi ock Mineralogie* (Mémoires » relatifs à la physique, à la chimie et à la minéralogie), tomes III, IV, V » et VI, et dans les *Mémoires de l'Académie des sciences de Stockholm* » *pour l'année 1813*, ainsi que dans d'autres mémoires publiés plus » tard et que je ne mentionne pas ici parce qu'ils ne contiennent que » des applications de la doctrine déjà confirmée. »

traitées, la méthode suivie pour les résoudre, à exposer sommairement les résultats généraux auxquels il est arrivé. Mais on y chercherait vainement l'histoire rétrospective et la bibliographie avec noms d'auteurs des questions dont il s'est occupé. En fait de travaux anciens, je ne trouve signalés, d'une manière explicite (1), que le célèbre mémoire de Gay-Lussac *Sur les combinaisons gazeuses les unes avec les autres* et le mémoire de Wollaston *Sur les carbonates et les oxalates*. L'un et l'autre datent du commencement de ce siècle et ne sont antérieurs que de quelques années au mémoire de Berzélius.

Le mémoire de Berzélius traite, à la vérité, dans sa plus grande partie, de questions étrangères à celles dont Stas s'est spécialement occupé, et même de questions qui peuvent nous paraître, à nous aujourd'hui, vraiment étranges.

C'est néanmoins un document capital dans l'histoire des recherches entreprises pour déterminer les proportions chimiques (2). Stas n'était pas homme à se contenter de connaissances superficielles ou incomplètes sur les questions qui avaient le privilège de faire l'objet de ses recherches et de ses méditations dans le domaine de la chimie. Il paraît donc impossible d'admettre qu'il n'ait pas eu connaissance du mémoire de Berzélius de 1811.

L'ayant connu, pourquoi ne l'a-t-il pas signalé lorsque l'occasion se présentait naturellement de le faire ? Il n'est

---

(1) *Nouvelles recherches sur les lois des proportions chimiques, etc.*, p. 60 (Mém. in-8°, année 1865).

(2) Ce mémoire a été reproduit dans l'importante et si utile collection de M. le professeur W. Ostwald, *Die Klassiker der Exakten Wissenschaften*.

plus, hélas ! parmi nous pour nous le dire, et, quant à moi, je suis sans renseignements et sans qualité pour répondre à sa place.

*
* *

Mais ces questions préjudicielles n'ont au fond qu'une importance secondaire, car leur intérêt est purement personnel. Je sens que l'on doit faire cette observation et j'aborde, sans plus tarder, la question principale que je dois traiter.

Quelle part revient à Berzélius et quelle part revient à Stas dans l'établissement de la *loi des proportions définies* dans son sens étendu ?

Parlant de cette loi, ainsi comprise, Stas s'exprimait comme suit dans les préliminaires de la seconde partie (1) de son mémoire de 1865 :

« La constance de composition des combinaisons » stables étant admise, que faut-il pour résoudre ce pro- » blème ? Il faut prouver que, dans les corps binaires et » dans les corps ternaires par exemple, ayant chacun » *deux éléments communs,* les éléments communs y » existent *invariablement dans les mêmes rapports en poids.* » Ainsi, dans deux corps AB et ABC, les rapports en poids » de A à B doivent être exactement les mêmes dans AB » et dans ABC.

» On conçoit que la solution du problème ainsi posé » peut devenir indépendante de l'analyse proprement » dite. En effet, pour résoudre le problème, il s'agit

(1) *Nouvelles recherches sur les lois des proportions chimiques, etc.*, p. 61 (MÉM. IN-8°, année 1865).

» seulement de rechercher si les corps ternaires peuvent
» être ramenés à l'état de corps binaires, sans qu'une frac-
» tion, quelque minime qu'elle soit, d'un des éléments
» communs devienne libre, ou inversement, si des corps
» binaires peuvent être transformés en corps ternaires,
» sans qu'une fraction d'un des éléments du composé
» binaire reste en dehors du composé ternaire produit. »

En d'autres termes, cette démonstration peut être faite expérimentalement par deux voies ou systèmes de réactions opposés : la *décomposition* et la *combinaison*, la voie *analytique* et la voie *synthétique*.

Stas a, comme l'on sait, suivi exclusivement la méthode *analytique*. En fait, il a constaté — je juge nécessaire de le rappeler en ce moment — que les chlorate, bromate et iodate d'argent se transforment *intégralement* sous l'action de l'acide sulfureux, dans des conditions qu'il a indiquées, en chlorure, bromure et iodure d'argent. Plus tard, il a constaté une décomposition parfaite du même genre, sous l'action de la chaleur : celle du chlorate de potassium en chlorure et en oxygène (1).

Stas n'indique nulle part qu'il ait tenté ou réalisé une réaction d'ordre synthétique ou combinative. Mais cette méthode de résolution du problème, posé par lui en termes si précis, et j'ajoute *en vue d'une loi générale à prouver*, avait été mise en œuvre dès le commencement de ce siècle par Berzélius, ainsi que le dit justement M. Van der Plaats. Les transformations intégrales du sulfure de plomb en sulfate, du sulfure de fer au mini-

---

(1) Voir son mémoire : *Sur le rapport proportionnel entre l'argent et le chlorure de potassium* dans ses *OEuvres complètes*, t. III, OEUVRES POSTHUMES, p. 462 (année 1894).

mum en sulfate, du sulfite de baryte en sulfate résolvent, en effet, la question au point de vue particulier de la *synthèse*.

Sans doute, ces transformations, dans la main de leur illustre auteur, n'atteignent, au point de vue *quantitatif*, le seul à considérer ici, qu'au degré de précision que comportait la chimie analytique de ce temps-là. Elles auraient suffi toutefois à démontrer et à faire accepter la loi des proportions définies, quant à l'invariabilité des rapports pondéraux suivant lesquels les corps se combinent dans toutes les combinaisons, au même titre que les analyses, exécutées quelques années auparavant par Proust et successivement produites par lui dans le cours de sa célèbre discussion avec Berthollet, avaient suffi pour étayer et faire accepter la doctrine de la constance de composition des espèces chimiques complexes.

Stas ne fait aucune mention de ces réactions. Après avoir posé le problème en des termes d'une netteté parfaite et avoir indiqué la double voie à suivre pour le résoudre au point de vue expérimental, il ajoute aussitôt :

« *Parmi les faits dont se compose la science chimique, on* » *en cherche vainement* UN SEUL *satisfaisant à ces condi-* » *tions* (1). »

Cette dénégation catégorique est bien faite pour provoquer l'étonnement, alors surtout qu'on la met en regard de son appréciation des analyses antérieures concernant la *loi de Proust* et de la force probante qu'il leur attribue. Voici comment il s'exprime à ce sujet :

« La loi des proportions définies repose sur les ana-

(1) Mémoire cité, p. 62.

» lyses et les synthèses exécutées depuis bientôt *un* » *siècle.* » — Remarquons que c'est en 1865 que ces lignes ont été écrites. — « Ces deux données ne me semblent » laisser aucun doute, *même pour l'esprit le plus exi-* » *geant,* sur l'exactitude du fait généralement admis de » la constance de toute combinaison (p. 7). »

Et plus loin : « Quoique, à mon sens, il ne reste aucun » doute sur *la constance de composition des combinaisons* » *chimiques*... etc. (p. 13). »

L'honnêteté et la conscience scientifiques de Stas ne se discutent pas. Songer à les défendre serait lui faire injure. En outre, Stas professait pour Berzélius et son œuvre la plus haute estime. On sait avec quel respect profond et quelle admiration il en a parlé dès la première page de son mémoire de 1860 (1). Son silence au sujet des réactions réalisées par Berzélius en 1811 devient, dans ces conditions, pour moi une véritable énigme, et je serais porté à croire, s'il était possible de le croire, qu'il n'a pas eu connaissance de cette partie des travaux de son illustre prédécesseur. Peut-être faut-il ne voir là qu'une défaillance de sa mémoire?

* * *

Quoi qu'il en puisse être, il est une question qui se présente naturellement à l'esprit en ce moment. Berzé-

---

(1) « Ses travaux — dit-il en parlant des proportions chimiques — » resteront comme des monuments impérissables de sa sagacité et » de son génie. Le contrôle minutieux et réitéré auquel j'ai eu la » hardiesse, pour ne pas dire la témérité, de les soumettre, m'a » convaincu que son habileté analytique n'a jamais été surpassée, si » tant est que jamais elle ait été égalée par qui que ce soit. » (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 2e sér., t. X, p. 208, 1860.)

lius a-t-il aperçu la portée générale des constatations expérimentales si importantes qu'il avait recueillies quant à la composition relative de certaines combinaisons sulfurées? Je n'éprouverais aucune difficulté à l'admettre, car c'était un esprit profond et d'une grande pénétration, mais il ne l'a pas dit. Son silence sur ce point capital est un fait que je tiens à constater formellement. On ne trouve, en effet, énoncée, d'une manière apparente et compréhensible, ni dans son mémoire de 1811-1812, ni dans sa *Théorie des proportions chimiques* d'aucune époque, la conclusion générale qu'il était en droit de tirer de ses expériences quant à l'invariabilité des rapports suivant lesquels les corps se combinent dans toutes les combinaisons où l'on en constate la présence.

La dernière partie (1) de ce grand travail de Berzélius est intitulée : *Exposition générale des résultats de mes expériences sur les proportions déterminées de la nature inorganique.*

C'est évidemment dans cet exposé général que l'on doit s'attendre à trouver un énoncé explicite de la loi des proportions définies dans son sens étendu, si Berzélius l'a aperçue. Voici, dans la réalité des choses, les propositions générales qui se trouvent consignées dans cet *Exposé :*

« 1° Lorsque deux corps considérés comme des élé-
» ments dans l'état actuel de la science peuvent se
» combiner en plusieurs proportions, ces proportions
» sont des multiplications par 1 $^1/_2$, 2, 4, 6, 8, etc., de la

(1) *Annales de chimie,* t. LXXXIII, p. 116.

» plus petite quantité du corps électro-positif (1) qui
» peut se combiner avec une quantité fixe du corps
» électro-négatif (1).

» 2° Dans une combinaison de plusieurs corps com-
» posés, les proportions entre les éléments s'accordent
» toujours avec les lois qui déterminent leur composition
» de deux à deux.

» Nous en avons un exemple dans la proportion entre
» le soufre et le fer dans les différents sulfates du fer.

» 3° Quand deux corps oxydés se combinent, ils con-
» tiennent ou une quantité égale d'oxygène, ou bien l'un
» contient l'oxygène à une multiplication par un nombre
» entier de celui de l'autre.

» 4° Dans les combinaisons composées de plus de
» deux corps oxydés, l'oxygène de celui parmi les consti-
» tuants qui en contient la plus petite quantité est un
» diviseur commun pour les quantités d'oxygène qui se
» trouvent dans les autres ou, ce qui revient au même,
» les quantités d'oxygène qui se trouvent dans ces der-
» niers sont des multiplications par un nombre entier
» de la quantité d'oxygène du premier.

» 5° Enfin, quand deux éléments combustibles se
» combinent, cela se fait dans une proportion telle que,
» tous les deux étant oxydés, ils prennent des parties
» égales d'oxygène, ou bien l'un prend deux, trois,
» quatre, etc., fois autant que l'autre.

» Quand, par exemple, dit Berzélius, le soufre, le
» phosphore, l'arsenic se combinent avec d'autres
» métaux, ces combinaisons se font de manière que

---

(1) Les corps reçoivent aujourd'hui, sous ce rapport, des dénominations précisément inverses.

» l'oxygène produit une combinaison saline ou bien
» qu'une telle combinaison devient possible d'après la
» règle. »

. . . . . .

« Nous avons parcouru en peu de lignes, dit Berzélius
» à la fin de cet *Exposé*, la composition de toute la nature
» inorganique et nous avons vu qu'elle se laisse réduire
» à un très petit nombre de principes. L'oxygène, le seul
» corps électro-positif absolu qui existe dans la nature,
» est partout la mesure d'après laquelle nous détermi-
» nons les proportions relatives des parties constituantes
» d'une combinaison, et à cette occasion, il est indiffé-
» rent si celle-ci contient de l'oxygène ou non. La cir-
» constance que cette mesure est commune à toute
» combinaison possible, fait que, lorsque les corps com-
» posés se décomposent entre eux, il n'arrive presque
» jamais qu'aucun de leurs constituants soit mis en
» liberté. »

On le voit, et on le savait déjà, la chimie de Berzélius était, comme celle de Lavoisier, surtout la chimie de l'oxygène et du dualisme. Ces cinq propositions générales dans lesquelles il résumait, en 1812, l'œuvre analytique de son grand mémoire, qu'est-ce autre chose sinon presque exclusivement la *loi des proportions multiples* appliquée aux oxy-sels en général, anhydres ou hydratés, simples ou multiples, envisagés dans la théorie dualistique. Il en devait être ainsi, si l'on tient compte du but final que se proposait Berzélius en entreprenant ces mémorables recherches. Il nous l'indique lui-même dès la première page de son mémoire.

Voici comment il s'exprime :

« C.-L. Berthollet, un des plus illustres chimistes de

» notre siècle, dans ses ingénieuses recherches sur les » lois de l'affinité, a cherché à établir que les corps » peuvent entrer en combinaison dans des proportions » progressives et indéfinies de principes. Un autre » savant, premier maître de la science, L. Proust, a » prouvé contre lui qu'il n'y a point de progressions » indéfinies de cette espèce, mais que tous les corps » composés, distingués par un caractère spécifique, n'exis- » tent que dans une seule et invariable proportion entre » leurs éléments, et que quand, par exemple, pour faire » passer l'oxydule d'un métal à l'état d'oxyde, la quantité » d'un des principes constituants est augmentée, cette » augmentation se fait par saut à une autre quantité » également déterminée et invariable, nulle série de » combinaison ne pouvant avoir lieu entre ces quantités » définies. La justesse de cette observation de Proust ne » peut échapper à aucun chimiste expérimenté, *mais il* » *n'a pas encore été connu si ces sauts suivent certaines lois* » *générales pour tous les corps ou s'ils dépendent de cer-* » *taines circonstances indéterminées particulières aux corps* » *spécialement.*

» Dans les expériences dont je vais faire part, on » trouvera quelques règles générales de ces combinai- » sons (1). »

. . . . . .

---

(1) Il n'est pas inutile de compléter la citation :

« Je fus porté à ces recherches par quelques expériences que je » faisais pour déterminer la quantité d'oxygène dans l'ammoniaque.

. . . . . .

. . . . . .

» Pendant que j'étais occupé de ces travaux, je tombai sur les » expériences de Wollaston (*Journal de Nicholson,* novembre 1808)

Et plus loin il ajoute :

« On verra dans la suite que, quand deux corps A et B peuvent être combinés en plusieurs proportions différentes, celles-ci seront, ou 1° 1A avec 1B (ou ce que nous appelons des combinaisons *au minimum*); ou 2° 1A avec 1 $^1/_2$B (ou peut-être plutôt 2A avec 3B); ou 3° 1A avec 2B; ou 4° 1A avec 4B; mais dans les expériences, on ne trouvera nul exemple de 1A avec 3B (1).

La loi que l'on a l'habitude d'appeler la *loi des proportions multiples*, mais qu'il serait rationnel d'appeler la *loi des rapports simples*, reçoit des recherches de Berzélius une confirmation expérimentale éclatante. On ne peut sous ce rapport attribuer à ces recherches trop d'importance, mais ce serait à tort que l'on voudrait y voir autre chose et notamment y voir résolu le problème de l'invariabilité dans *toutes* les combinaisons des rapports pondéraux suivant lesquels des corps se combinent dans *certaines* combinaisons, tel que Stas l'a clairement énoncé.

» sur les sels acidules par rapport à l'hypothèse de Dalton, que » *quand les corps peuvent se combiner* dans des proportions différentes, » ces proportions sont toujours une multiplication simple de 1, 2, 3, » 4, etc., avec le poids *d'un des corps*, ce que les expériences de » Wollaston semblaient aussi confirmer. Cette manière d'envisager » les combinaisons des corps répand déjà au premier coup d'œil une » telle clarté sur la doctrine des affinités, qu'elle peut être regardée » comme le plus grand pas qu'a fait la chimie vers son perfectionne- » ment comme science, si l'hypothèse de Dalton peut être prouvée. » J'ignore la manière dont Dalton a traité cette hypothèse en détail » et sur quelles expériences il l'a fondée; par conséquent, si elle » sera confirmée par les miennes dans toute son étendue, ou si elle » pourra en subir plus ou moins de modifications. »

(1) *Annales de chimie*, t. LXXVIII, p. 8.

Je tiens à compléter, à cette occasion, la citation du mémoire que j'ai commencée plus haut :

« On trouvera, dit Berzélius, que si deux corps A et B » ont tous les deux de l'affinité pour deux autres C et D, » le C qui sature A est au D qui sature A comme le C » au D, dont le B est saturé (1). »

C'est au fond la *loi de Richter* concernant les sels appliquée aux corps simples. Pour faire mieux comprendre sa pensée, assez difficile à saisir tout de suite dans cet énoncé entortillé, Berzélius ajoute aussitôt :

« Si, par exemple, 100 parties de plomb au *minimum* » prennent 15.6 parties de soufre et 7.8 d'oxygène, et » si 100 parties de fer, d'après l'analyse dont je rendrai » compte dans la suite, prennent 38.8 parties de soufre, » la composition de l'oxydule de fer peut être trouvée par » un simple calcul, car 15.6 : 7.8 = 58.8 : 29.4 et 100 » parties de fer prennent 29.4 parties d'oxygène. Ceci » sera encore plus confirmé par les expériences dans la » suite. *On peut faire de cette manière l'estimation de » toutes les combinaisons binaires, de même que la composi- » tion des sels doit être trouvée par un calcul pareil, comme » l'a prouvé, il y a déjà longtemps, le savant Richter.* »

Il suit de là, selon Berzélius, que *le rapport suivant lequel des corps se combinent avec une quantité déterminée d'un élément est aussi le rapport suivant lequel ces mêmes corps se combinent avec* LA MÊME QUANTITÉ *d'un autre élément analogue.*

Il n'est pas permis de méconnaître l'importance de ce principe dans la doctrine générale des proportions chi-

---

(1) *Annales de chimie*, t. LXXVIII, p. 9.

miques, et il serait oiseux de vouloir la faire ressortir. C'est un cas particulier du principe de l'invariabilité des proportions suivant lesquelles les corps se combinent, envisagé dans son maximum d'extension, tel que nous pouvons le comprendre aujourd'hui, à la lumière de la science actuelle. Mais on aperçoit tout de suite que ce principe a une portée toute différente, vise des faits d'un genre tout autre que la *loi des proportions définies* dans son sens étendu, telle que Stas la comprend, c'est-à-dire *l'invariabilité des rapports de combinaison des éléments, dans les corps composés existant réellement, à la suite de l'adjonction ou de l'élimination d'éléments étrangers, adjonction ou élimination d'où résulte un composé nouveau existant réellement aussi.*

Ce principe est celui-là même que confirment les expériences, si significatives dans leur simplicité, réalisées par Berzélius, concernant les rapports de composition de certains sulfures et sulfates, du sulfite et du sulfate barytiques.

Pour connaître la signification et la portée qu'elles ont reçues dans l'esprit de leur auteur, il est utile de connaître le but qu'il poursuivait en les instituant. Berzélius s'est chargé lui-même de nous le révéler. Ce but n'était autre, une fois encore, que la vérification de la *loi des proportions multiples* dans les combinaisons oxygénées : il tenait à connaître, avec précision et certitude, la composition de ce qu'il appelait, dans son dualisme, les acides sulfureux et sulfurique et de leurs sels. Voici au demeurant comment il s'exprime lui-même :

« Plusieurs chimistes ont tâché de déterminer la pro-
» portion du soufre dans l'acide sulfurique, parmi lesquels
» Klaproth, Bucholz et Richter se sont distingués par

» des expériences très exactes, dont les résultats sont si
» parfaitement d'accord que je n'en aurais nullement mis
» la justesse en doute si je n'avais trouvé que la plupart
» des expériences avaient été trop peu exactes pour le
» but que je me proposais (1). »

A ce moment, rapporte Berzélius, Davy avait émis l'opinion que le soufre — et le phosphore — contient un corps métallique, inconnu jusqu'alors, combiné avec de petites portions d'hydrogène et d'oxygène qui le mettaient dans un état analogue à celui dans lequel sont les résines par rapport au carbone.

C'est dans le but, poursuit Berzélius, d'avoir du soufre — pour être transformé en acide sulfurique — *où il n'y aurait pas d'humidité mécaniquement adhérente, que je choisis le sulfure de plomb* (p. 21). Et plus loin, en ce qui concerne l'acide sulfureux : « Vouloir, dit Berzélius,
» déterminer la composition de l'acide sulfureux par des
» expériences directes en brûlant du soufre, c'est encourir
» des difficultés presque insurmontables. Je choisis donc
» un sel sulfureux qui, à l'aide de l'acide nitrique, fut
» changé en sulfate (p. 34). »

Des diverses propositions que j'ai rapportées plus haut et dans lesquelles Berzélius a résumé l'œuvre analytique de son grand mémoire de 1811, les seules qui se rattachent directement à ces transformations additionnelles sont la seconde et la cinquième. Cette dernière ne vise que les rapports de multiplication existant entre les quantités d'oxygène, supposées fixées sur des éléments combustibles divers ayant constitué un composé binaire. Et quant à la seconde, à laquelle Berzélius a joint un

(1) *Annales de chimie,* t. LXXVIII, pp. 18 et 19.

exemple, sans doute pour en préciser la portée, on y chercherait vainement la proposition simple, précise et claire formulée par Stas et dans laquelle consiste la loi des proportions définies dans son sens étendu, loi que je rappellerai une fois encore pour le contraste, à savoir l'invariabilité des rapports suivant lesquels les corps se combinent dans toutes les combinaisons où l'on en constate la présence, quel que soit d'ailleurs le nombre des éléments renfermés dans celles-ci. Avec effort et bonne volonté, on y peut trouver en germe la proposition de Stas, alors qu'on la connaît. L'exemple cité pourrait même faire croire que Berzélius a eu, ici encore, surtout en vue la *loi des proportions multiples*.

Au reste, quelles que soient la signification et la portée que puisse recevoir cette seconde proposition du résumé de Berzélius, la question est résolue par les faits. Avant 1865, c'est-à-dire avant la publication du célèbre mémoire de Stas *Sur les lois des proportions chimiques*, dans la généralité des traités de chimie, à commencer par celui de Berzélius lui-même, la *loi des proportions définies* ne comprend rien autre chose que la constance des rapports suivant lesquels les corps se combinent pour constituer les corps composés considérés isolément, individuellement.

Quoique les faits constatés par Berzélius pussent conduire à cette loi, *considérée dans son sens étendu*, et lui servir de démonstration, je ne puis attribuer à ce grand maître la part que paraît lui attribuer M. Van der Plaats dans l'établissement de ce principe fondamental.

J'ai dit précédemment que je n'éprouverais aucune difficulté à admettre que Berzélius, dont l'esprit était profond et d'une grande pénétration, avait aperçu la con-

séquence générale à tirer, quant à l'extension de la loi des proportions définies, des réactions additionnelles constatées par lui dans divers composés sulfurés.

En y réfléchissant bien, je me sens amené à croire que ces hautes qualités intellectuelles étaient peut-être plutôt de nature à lui faire repousser cette extension. C'est qu'en effet, ces constatations, ne manifestant guère d'accord entre elles, devaient lui apparaître seulement comme des faits particuliers.

Si l'accord est parfait quant aux proportions de soufre et de métal existant dans le sulfure et le sulfate de plomb qui en résulte par oxydation, il n'en est pas ainsi partout ailleurs. La combustion du *cuivre* dans le soufre fournit un sulfure au *minimum*, alors que dans le sulfate de cuivre ordinaire, il y a les éléments d'un sulfure renfermant une quantité *double* de soufre. La différence est plus considérable encore dans le cas du fer. Berzélius a préparé, par voie directe, deux sulfures distincts de ce métal : un sulfure au *minimum* — le sulfure ferreux FeS d'aujourd'hui — et un sulfure au *maximum*, renfermant pour la même quantité de fer une quantité de soufre double de celle qui existe dans le premier. A ce sulfure ne correspond, selon Berzélius, aucun sulfate de fer connu. Au sulfure au *minimum* correspond le sulfate d'oxydule de fer, notre sulfate de fer ordinaire. Soumis à l'action oxydante de l'air, ce composé se transforme en d'autres sulfates qui renferment, chose remarquable assurément, du soufre et du fer dans des proportions autres que celles constatées dans les deux sulfures examinés et réellement existants. A la suite de ces constatations discordantes, l'esprit si hautement judicieux de Berzélius devait être entraîné à ne pas accorder à ces

phénomènes d'oxydation des sulfures toute l'importance qu'ils possèdent au fond. C'est ainsi qu'après avoir disserté, après Thénard et mieux que lui, sur la composition des sulfates de fer, il a été amené à écrire ces lignes significatives :

« Cela prouve que dans les combinaisons des corps » multipliés, la nature s'écarte, sous certaines conditions, » des proportions déterminées pour les plus simples com- » positions (1). »

Je tiens à ajouter qu'aujourd'hui les difficultés reconnues en 1811 dans cette série de faits ne sont plus de nature à être prises en si haute considération ; la transformation intégrale des sulfures de plomb et de fer en leurs sulfates constatée par Berzélius a repris pour nous, mieux instruits, toute sa valeur démonstrative dans la question qui nous occupe.

*
* *

Nil novi sub sole. Il est rare qu'une loi physique ne plonge pas, comme par des racines, dans le passé, soit par des faits isolés qui auraient pu la faire apercevoir ou la prouver, quelquefois même par des énoncés, plus ou moins exacts, fruits d'une heureuse divination. Mais ces antériorités n'enlèvent pas le mérite, si tant est qu'elles le diminuent, de la découverte de cette loi, à celui qui le premier l'a formulée avec précision et clarté et en a administré la démonstration *intentionnelle*. On peut aller plus loin encore dans cette question, toujours délicate

(1) *Annales de chimie*, t. LXXVIII, p. 224.

dans son application, de l'attribution personnelle des découvertes scientifiques et dire, avec un savant secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences morales et politiques de France (1), qu' « une vérité appartient moins au » premier qui l'indique qu'au premier qui la démontre » et en fait voir les conséquences ».

C'est pour toutes ces raisons que je persiste à revendiquer pour Stas le mérite et l'honneur d'avoir introduit, comme tel et pour lui-même, dans la législation chimique pondérale, le principe fécond de l'invariabilité des rapports suivant lesquels les corps se combinent en général, dans les combinaisons soit binaires, soit ternaires, etc.

*
* *

Je sais bien que l'on pourrait, à la rigueur, faire sortir ce principe fondamental des expériences mémorables de Richter qui ont servi à édifier la doctrine dite des « Équivalents ». Ces expériences, si importantes dans l'histoire des origines de la chimie doctrinale, concernent, comme l'on sait, les *échanges* qui se font entre les sels présentés les uns aux autres dans certaines conditions et les *précipitations* métalliques par l'action de métaux libres sur des sels. Dans ces diverses réactions, on voit en effet un fragment de combinaison, ce que, dans le langage actuel, nous appelons le *résidu halogénique* (2), demeurer stable dans sa composition, tout à la fois au point de vue

---

(1) F.-C.-L. Comte, *Notice historique sur la vie et les travaux de T.-R. Malthus* (Mém. de l'Acad. roy. des sciences morales et politiques, etc., 2e sér., t. II, p. xxij, 1839).

(2) Il est évident qu'il n'est ici question que des oxy-sels.

qualitatif et quantitatif, alors que l'élément métallique auquel il est adjoint varie successivement. Il se forme ainsi des séries de composés de même genre, mais d'espèce différente, engendrés les uns des autres. Mais il faut bien remarquer que ces *complexes salins des oxy-sels*, stables au milieu de ces transformations multiples, ne sont que des fragments de combinaisons et non pas des combinaisons elles-mêmes, ayant une existence propre et séparée. La loi de l'invariabilité des rapports en poids suivant lesquels les corps se combinent dans toutes les combinaisons, concerne les combinaisons chimiques elles-mêmes et non pas des êtres fictifs, incomplets, sans réalité objective. Il est donc d'une évidente nécessité que cette loi reçoive sa démonstration dans des combinaisons ayant aussi une existence propre et séparée.

*
* *

On admettra sans doute encore que des principes d'une aussi majeure importance, qui sont les assises profondes de la science, doivent être *explicitement* exprimés. Il les faut présenter à l'esprit dans tout l'éclat de leur vérité objective et lui éviter la tâche toujours difficile de les chercher et de les deviner. La formule doit en être claire, précise, aux contours nettement arrêtés, exclusifs du vague et de l'équivoque, exprimer en un mot la vérité des faits à l'état cristallin.

Ce sont là les caractères de la loi des proportions définies dans *son sens étendu*, telle qu'on la trouve formulée dans le mémoire de Stas intitulé : *Nouvelles recherches sur la loi des proportions chimiques, etc.* (1).

---

(1) *Mém. in-4° de l'Acad roy. de Belgique*, t. XXXV, 1865.

Avant 1865, cette loi n'aurait pu être prouvée que par les réactions *synthétiques* de Berzélius; depuis 1865, elle peut l'être aussi par les réactions *analytiques* de Stas. C'est Stas qui, après l'avoir *explicitement* énoncée, l'a démontrée d'une manière rigoureuse et en a fait, ce qu'elle est aujourd'hui, comme la loi de Proust, une loi *mathématique*.

* * *

La législation pondérale et la théorie atomique constituent deux parties importantes de la chimie générale. Elles sont étroitement unies, quoique profondément distinctes au point de vue philosophique. Il est nécessaire, pour éviter de fâcheux mécomptes et de regrettables malentendus, de ne jamais les confondre et de conserver à chacune leur individualité et leur caractère propres. C'est un point sur lequel je ne crois pas inutile d'insister une fois encore.

La théorie atomique est une doctrine, élaborée par l'esprit, mais fondée sur des faits antérieurs à elle-même, dont elle peut être regardée comme la conséquence légitime. Ces faits primordiaux sont en partie les dispositions mêmes de la législation pondérale. Ces dispositions réglementaires ne sont au fond que des faits de l'ordre expérimental, indépendants de toute hypothèse et de toute doctrine. En voici la genèse : L'expérience a révélé et démontré des *faits particuliers;* l'induction logique les a élevés dans l'ordre intellectuel en les transformant en *faits généraux*. Appuyé sur le principe de la stabilité du monde créé, l'esprit a étendu leur juridiction jusque dans l'avenir. De là ces préceptes que nous appelons *lois*

qui règlent les rapports des masses matérielles dans leurs réactions réciproques.

La législation pondérale nous apparaît comme une doctrine certaine, immuable comme la vérité qu'elle exprime. Elle a ce caractère dans la chimie de l'avenir. En sera-t-il de même de la « théorie atomique »? Pour ma part, je le pense et je le présume, mais je me garderais bien de l'affirmer.

En ce moment, la théorie atomique règne dans tous les domaines des sciences physiques. Si parfois on la conteste, ces contestations, même les plus sérieuses, restent sans conséquence pratique. C'est justice, car elle a rendu à la science d'inappréciables services en expliquant ou en aidant à expliquer d'une manière satisfaisante, des phénomènes nombreux et importants, qui, en dehors d'elle, constitueraient d'indéchiffrables énigmes. En chimie notamment, elle rend compte et elle explique de la manière la plus simple et la plus naturelle toutes les prescriptions et les règles de la législation pondérale.

Si l'on parvenait à établir *a priori*, du moins en se plaçant en dehors de cette législation soigneusement laissée de côté, le théorème fondamental de la *théorie atomique*, à savoir l'existence de particules insécables, facteurs réels des actions chimiques, ayant des poids fixes et constants, toutes les lois qui constituent cette législation elle-même, lois dont la découverte a été si laborieuse et dont la démonstration a été plus laborieuse encore, s'en déduiraient sans peine et sans effort, comme les conséquences nécessaires, inévitables, d'un principe fécond.

Procéder ainsi dans l'état actuel de la science chi-

mique, serait renverser l'ordre logique des choses, sinon méconnaître l'histoire.

Pour apprécier justement dans son origine, son développement et sa démonstration, la législation chimique pondérale, il faut, de toute nécessité, faire abstraction de la théorie atomique. Il est malaisé, je l'avoue, de se placer dans cette situation intellectuelle, tellement la théorie atomique imprègne nos idées et nos pensées en chimie.

Il en a d'ailleurs toujours été ainsi, et il faut croire qu'il en doit être ainsi puisque ces doctrines sont contemporaines, car, sans les confondre, l'histoire ne sépare pas Dalton de Proust.

Quoi qu'il en soit, c'est pour avoir oublié cette indiscutable et difficile nécessité que Stas, laissant de côté pour un instant son scepticisme habituel, s'est laissé aller à dire que des deux vérités qu'il avait, avec tant de sagacité et de profondeur, distingué dans la loi des proportions définies, *l'une n'était à proprement parler que la conséquence de l'autre*. Ce sont aussi des souvenirs implicites et involontaires de la théorie atomique qui parfois font croire que la loi des proportions définies, dans son sens étendu, peut se déduire d'autres lois pondérales avec lesquelles elle n'a que des rapports éloignés.

En dehors de la théorie atomique, chacune des propositions de la législation chimique pondérale a une existence propre et jouit d'une parfaite autonomie. Quoique indépendantes les unes des autres, toutes ensemble constituent un tout harmonieusement ordonné et embrassant l'universalité des faits.

*
* *

Arrivé au terme de ces longues observations, j'oserai citer, pour me l'approprier, cette parole de Montaigne : « Ceci est une œuvre de bonne foy. » Je me suis efforcé, conformément au précepte sacré, de *rendre à César ce qui appartient à César*.

Il me semble que l'on voudra bien reconnaître que ce programme a été rempli par moi dans une mesure que je me suis efforcé de rendre complète.

Berzélius, cette grande figure de la chimie moderne, ne sort pas, de cette revue rétrospective, amoindri; il ne pourrait l'être après l'hommage autorisé que Stas lui a rendu. Mais la part de notre illustre confrère et son mérite personnel me paraissent à présent mieux définis et plus solidement confirmés.

Tant il est vrai de dire que du choc des opinions jaillit la lumière. Cet adage ancien est d'une exactitude si parfaite qu'il est devenu la plus vulgaire des banalités. J'ajouterai, pour le compléter, qu'à cette lumière la vérité se précise et s'affermit.

On a pu s'étonner que je me sois constitué, en une certaine façon, l'avoué de notre illustre confrère. Le fait paraîtrait moins étrange si l'on voulait bien se rappeler qu'il est tout à fait dans les habitudes des chimistes à notre époque. Que moi, je m'efforce de mettre en pleine lumière les mérites et les services rendus à la chimie générale par un chimiste belge éminent qui s'appelait Stas, cela n'est pas plus extraordinaire que de voir M. Éd. Grimaux, le polytechnicien bien connu, se faire l'historien et le défenseur attitré d'un illustre chimiste français qui s'appelait Lavoisier. Que l'on me permette ici un souvenir personnel.

En 1885, j'allai passer les courtes vacances de la Pentecôte à Paris où la Société chimique avait organisé une exposition de produits originaux.

Lors de la visite que je lui fis à son habitation du boulevard Montparnasse, où il est mort récemment, M. Édouard Grimaux, avec qui j'entretenais depuis longtemps d'excellentes relations, fondées sur la similitude de nos recherches, me fit voir les documents qu'il avait reçus, pour les consulter, des membres restants de la famille du grand et infortuné chimiste français. Le nombre en était considérable; tous, lettres, journaux de voyage ou notes de laboratoire, étaient d'une correction parfaite dans la forme et l'aspect extérieur. J'y vis notamment et j'admirai plein de respect son journal de travail. Et à un moment donné de notre conversation, M. Grimaux me dit, tout ému, de sa voix élevée, ces paroles qu'il me semble encore entendre : « C'est une chose assurément » bien curieuse de me voir, moi, libre-penseur et répu- » blicain, faire l'éloge et l'histoire de Lavoisier, qui était » un croyant et un royaliste. »

Grimaux pensait sans doute aussi que la vérité et la justice, qui sont au-dessus de tout, passent avant tout. C'est dans cette conviction qu'il faut chercher l'origine de ces études historiques.

Et maintenant, pour terminer celle-ci, il ne me reste qu'à remercier mon savant et obligeant collègue d'Utrecht des renseignements précieux qu'il m'a fait connaître. Je suis heureux de remplir ce devoir agréable en ce moment. Je suis honoré de le pouvoir remplir ici, au sein de la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique qui a eu le privilège de recevoir la première, parmi tous les corps savants, communication des mémorables travaux de Stas.

Mon dernier mot sur l'incorrection des formules rapportées à l'axe instantané; par F. Folie, membre de l'Académie.

Dans la dernière note insérée au *Bulletin*, j'ai émis des doutes sur la correction de cette note même. Je suis en mesure de les préciser. Elle a un premier défaut, celui d'être incomplète, en ce qu'elle ne s'occupe que du mouvement du corps autour des axes instantanés, et non du mouvement de ceux-ci.

Elle en a un second, plus grave, qui constitue même un vice : c'est d'effectuer une intégration dépourvue de sens.

Comme je le disais, si ma note, qui traite, plus correctement qu'Oppolzer ne l'a fait, le problème qu'il s'est posé, est incorrecte, toute sa solution l'est *a fortiori*.

C'est là ce que j'affirme depuis dix ans. J'espère que ce dernier argument finira par convaincre les astronomes qu'ils doivent en revenir aux seules formules correctes, relatives aux axes principaux, qui sont exposées dans la dernière partie de ma précédente note.

Vu l'importance du sujet, je donnerai quelques développements à cet argument, en suivant l'analyse même d'Oppolzer.

Je vais jusqu'à admettre ses équations (5), page 156, quoiqu'il les ait obtenues en négligeant $\sin(\psi_1 - \psi)\frac{dp}{dt}$, terme du second ordre à la vérité, mais qu'on ne peut

négliger, puisque $\psi_1 - \psi$ est, *a priori*, de la forme $F \times t$, F désignant une fonction de période eulérienne.

L'une de ces équations (5) est $\frac{d\omega}{dt} = 0$, ω étant la vitesse autour de l'axe instantané. Oppolzer en tire $\omega = C^{te}$. C'est absurde. Intégrer $\frac{d\omega}{dt} = 0$ signifie, en effet, sommer les éléments $d\omega$. Mais on ne peut évidemment les sommer que si toutes ces rotations élémentaires $d\omega$ s'effectuent autour d'un même axe. Or l'axe auquel se rapporte l'équation $\frac{d\omega}{dt} = 0$ est l'axe instantané, qui est mobile; la sommation des $d\omega$ est donc absurde (*).

$\omega = n$ sert de base aux formules (7), page 157, qui donnent $\frac{di'_1}{dt}$ et $\sin \varepsilon_1 \frac{d\psi}{dt}$. Ces formules (7) sont donc fausses.

C'est de l'intégration des équations (7) qu'Oppolzer tire toutes ses conclusions; celles-ci sont donc doublement fausses, puisque les équations (5) le sont déjà elles-mêmes.

(*) Je présume qu'Oppolzer, quoiqu'il ne le dise pas explicitement, s'est laissé guider par cette idée que l'axe instantané, mobile dans le corps, est fixe dans l'espace, comme l'a, par inadvertance, déclaré Tisserand, lorsqu'il a voulu me réfuter (*Bull. Astron.*, 1890, pp. 273 et suiv.).

Le lecteur pourra être édifié sur ce sujet délicat par la lecture des numéros 414-421 de la *Mécanique analytique* de Poisson, et, en particulier, de son équation (*k*), qui démontre la précession du nœud, dans le cas même où il n'existe pas de forces perturbatrices. C'est pourquoi j'ai dit ci-dessus que $\sin(\psi_1 - \psi)\frac{dp}{dt}$ est, *a priori*, de la forme $F \times t$.

—

Sur les acides valériques α chlorés; par Léon Servais, docteur en sciences.

Introduction.

A l'invitation de M. le Professeur Louis Henry, j'ai entrepris l'étude des acides valériques α monochlorés. Ce sont les résultats de ces recherches que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie.

L'acide *valérique* ou *pentanoïque* $C_5H_{10}O_2$ forme quatre variétés isomères :

I. $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$ — Acide valérique normal, propylacétique ou γ méthylbutyrique.

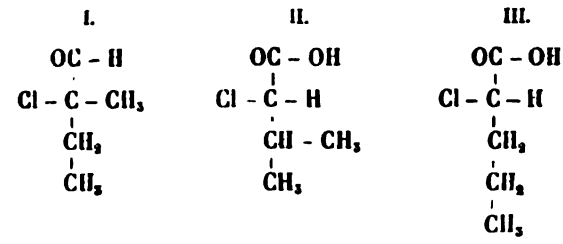
II. $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - COOH$ — Acide isovalérique, isopropylacétique ou β méthylbutyrique.

III. $\begin{matrix} & CH_3 \\ CH_3 - & CH_2 \end{matrix} > CH - COOH$ — Acide méthyléthylacétique ou α méthylbutyrique.

IV. $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 - \\ CH_3 \end{matrix} > C - COOH$ — Acide triméthylacétique.

De ces quatre acides, les trois premiers seulement peuvent donner lieu à des dérivés monochlorés où le Cl

occupe la position α. On obtient ainsi les trois acides α monochlorés suivants :



On peut les rapporter :

1° Soit à l'acide acétique monochloré ClH_2C-COOH ; ce sont alors respectivement :

I. L'acide méthyléthylacétique α monochloré.
II. L'acide isopropylacétique α monochloré.
III. L'acide propylacétique monochloré

2° Soit à l'acide butyrique α monochloré.
Ils deviennent dans ce cas :

I. L'acide α méthylbutyrique α monochloré.
II. L'acide β méthylbutyrique α monochloré.
III. L'acide γ méthylbutyrique α monochloré.

Pour obtenir des composés présentant sûrement cette constitution, il est nécessaire de partir de corps dont la constitution est elle-même bien connue et déterminée avec certitude. Je les ai trouvés dans les cyanhydrines aldéhydiques et acétoniques dont M. Louis Henry s'est occupé dans son mémoire (*).

(*) *Sur les nitriles alcools et leurs dérivés*, t. LVII des MÉMOIRES COURONNÉS ET AUTRES MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE (1898).

Il est évident qu'il n'était pas possible de songer à les obtenir d'une manière directe par les réactions du chlore sur les acides simples correspondants, la multiplicité des chaînons hydrocarbonés offerts à l'action chlorurante du chlore ne donnant aucune sécurité quant à la nature du produit chloré obtenu.

I. — Acide valérique normal α chloré

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - CO(OH).$$

Le point de départ de cet acide est la cyanhydrine butylidénique normale :

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH(OH) - CN.$$

Cette cyanhydrine se forme par l'union directe de l'HCN à l'aldéhyde butyrique normale :

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH = O.$$

Vu que la préparation de l'aldéhyde butyrique normale n'aboutit qu'à des rendements peu avantageux, je n'ai pas préparé moi-même la cyanhydrine dont je me suis servi. J'ai fait usage d'un échantillon provenant de la maison Kahlbaum, de Berlin.

Sous l'action du pentachlorure de phosphore, cette cyanhydrine se transforme aisément en *nitrile valérique normal α chloré :*

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - CN.$$

$$\begin{array}{l} CN \\ | \\ HC - OH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} + PCl_5 = \begin{array}{l} CN \\ | \\ HC - Cl \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} + POCl_3 + HCl$$

On laisse tomber goutte à goutte 30 grammes de cyanhydrine butylidénique normale sur 62 grammes de PCl_5. Ce dernier est attaqué vivement et presque totalement. En vue de détruire le $POCl_3$ formé, la masse est versée petit à petit dans un excès d'eau. La cyanhydrine chlorée, qui reste en majeure partie en suspension dans le liquide acide, en est extraite par l'éther que l'on chasse ultérieurement. Le rendement de l'opération est avantageux : j'ai obtenu dans l'opération décrite ci-dessus 25 grammes de nitrile chloré; il en aurait fallu théoriquement 34.

Le nitrile valérique normal α chloré constitue un liquide légèrement jaunâtre, bouillant sans décomposition à 161°.

L'acide valérique normal α chloré

$$CH_3 \quad CH_2 - CH_2 - CHCl - COOH$$

prend naissance par l'hydratation du nitrile valérique normal α chloré :

$$\begin{array}{l} CN \\ | \\ HC - Cl \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} + HCl + 2H_2O = \begin{array}{l} COOH \\ | \\ HC - Cl \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} + NH_4Cl$$

Dans un ballon muni d'un long tube servant de réfrigérant, la cyanhydrine chlorée est traitée par environ deux fois son volume d'HCl concentré, et l'on chauffe au bain d'eau. Le nitrile valérique α chloré est assez soluble dans l'HCl concentré, de sorte que l'hydratation se fait assez rapidement, et au bout de trois heures de chauffe, on constate après refroidissement un dépôt abondant

de NH_4Cl. La masse est étendue d'eau de façon à redissoudre le NH_4Cl et neutralisée ensuite partiellement par $NaHCO_3$. On en extrait finalement par l'éther l'acide chloré qui reste en suspension, en partie du moins. Quant au rendement : 15 grammes de nitrile chloré nous ont fourni 18 grammes d'acide pur.

L'acide valérique normal α chloré constitue un liquide huileux, incolore, d'une odeur caractéristique nullement désagréable et d'une saveur piquante. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther.

Soumis à l'action d'un mélange réfrigérant, il se congèle en une belle masse cristalline qui fond vers — 15°.

Distillé sous 52 millimètres de pression, il bout à 132°-135°.

Soumis à la distillation sous une pression de 763 millimètres, le thermomètre monte presque immédiatement jusqu'à 222°, où il reste fixe et où la totalité du produit passe. J'ajouterai cependant que vers la fin de la distillation il se dégage de légères vapeurs d'HCl.

Son indice de réfraction à 11° est égal à 1.44807.

Sa densité à l'état liquide à 15°,2 est 1.141.

La densité de sa vapeur, prise par la méthode d'Hofmann dans la vapeur d'aniline, a donné les résultats suivants :

Substance		$0^{gr},0170$
Baromètre		754^{mm}
Mercure soulevé		695^{mm}
Tension de la vapeur		59^{mm}
Volume de la vapeur		$61^{cc},8$
Densité	trouvée	4.55
	calculée	4.72

L'analyse a donné les résultats suivants quant au chlore:

I. 0gr,2500 de substance ont donné 0gr,2655 de AgCl;
II. 0gr,1579 de substance ont donné 0gr,1693 de AgCl;

d'où l'on conclut :

	Cl °/₀ trouvé.	Cl °/₀ calculé.
I . . .	26.27	26.01
II. . .	26.52	

Chlorure de propylacétyle α chloré

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COCl.$$

1° *Préparation :* Ce composé prend naissance par l'action du PCl_3 sur l'acide valérique normal α chloré.

J'ai mis en œuvre 8 grammes d'acide et 5 grammes de PCl_3. Ces proportions résultent de l'équation suivante:

$$3(CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOH) + 2PCl_3 =$$
$$3(CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COCl) + P_2O_3 + 3HCl$$

La réaction se déclare déjà à la température ordinaire, mais d'une façon très lente. Pour l'activer, on chauffe pendant quelque temps au bain d'eau vers 70°-80° jusqu'à ce que l'on constate un dépôt assez abondant d'H_3PO_3 fixé aux parois du ballon. On décante alors et l'on rectifie ensuite le produit obtenu. Cette opération m'a fourni 4 grammes de chlorure acide pur.

2° *Propriétés* : Le chlorure de propylacétyle α chloré constitue un liquide incolore d'une odeur insupportable.

Comme tous les corps où le Cl et l'O sont dans un étroit voisinage, il affecte fortement les muqueuses de l'œil.

Il est incompatible avec l'eau en présence de laquelle il donne de l'HCl et régénère l'acide chloré ; aussi fume-t-il abondamment à l'air.

Il bout à 155°-157° sous une pression de 763 millimètres.

Sa densité à l'état liquide a été trouvée égale à 1.246.

La densité de sa vapeur prise au moyen de l'appareil d'Hofmann dans la vapeur d'eau conduit aux données suivantes :

Substance.		0gr,0227
Baromètre.		759mm
Mercure soulevé.		701mm
Tension de la vapeur . .		58mm
Volume de la vapeur . . .		62cc
Température.		100°
Densité	trouvée	5.08
	calculée	5.35

Le dosage du Cl m'a fourni les chiffres ci-après :

I. 0gr,2328 de substance ont donné 0gr,4333 de AgCl;

II. 0gr,1096 de substance ont donné 0gr,2026 de AgCl;

ce qui correspond à :

	Cl °/. trouvé.	Cl °/. calculé.
I. . . .	46.05	45.81
II. . . .	45.72	

α Chlorovalérate d'éthyle

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOC_2H_5$.

1° *Préparation :* Cet éther a été obtenu par l'action simultanée de l'alcool C_2H_5OH et de l'HCl sur le nitrile valérique normal et α chloré, ce qui revient somme toute à l'action de l'alcool sur l'acide lui-même.

On sature jusqu'à refus, par un courant d'HCl, un mélange à poids égaux d'alcool fort et de cyanhydrine chlorée, préalablement refroidi. On abandonne ensuite la masse à elle-même pendant environ trois jours. Après ce temps, on constate la formation d'un précipité de NH_4Cl. Le contenu du ballon est alors versé dans un excès d'eau : l'éther chloré insoluble reste en majeure partie en suspension dans le liquide sous forme d'une huile brunâtre, mais un bouillon qu'on fait subir à la masse détermine une séparation nette des deux couches en même temps que la décoloration du produit qui passe très clair. L'éther chloré est ensuite décanté, desséché sur du $CaCl_2$ fondu et enfin rectifié.

L'α chlorovalérate d'éthyle se présente sous forme d'un liquide huileux, incolore, d'une odeur agréable rappelant la menthe.

Il est insoluble dans l'eau; l'alcool et l'éther le dissolvent aisément.

Ce composé bout à 185° sous une pression de 752 millimètres.

Son indice de réfraction à 11° est égal à 1.45071.

Sa densité à l'état liquide à 11°,8 est 1.040.

La densité de sa vapeur à 180°, prise au moyen de l'appareil d'Hofmann, a été trouvée égale à 5.684; calcu-

lée, elle est de 5.68. Voici le détail de cette détermination :

Substance.	$0^{gr},0730$
Baromètre.	753^{mm}
Mercure soulevé.	597^{mm}
Tension de la vapeur . . .	158^{mm}
Volume de la vapeur . . .	$79^{cc},3$
Température	180°

Son analyse a fourni les chiffres suivants :

I. $0^{gr},2500$ de substance ont donné $0^{gr},2004$ de AgCl;
II. $0^{gr},1260$ de substance ont donné $0^{gr},1105$ de AgCl;

d'où l'on conclut :

	Cl °/o trouvé.	Cl °/o calculé.
I. . .	21.61	21.58
II . .	21.69	

Remarque concernant la volatilité des composés précédents.

Les points d'ébullition de l'acide, du chlorure acide et de l'éther décrits ci-dessus sont, à peu de chose près, les températures d'ébullition que l'analogie permettait de leur assigner. Cela résulte à l'évidence de l'inspection des relations qui suivent :

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH$	Éb. 165°	40° ou 43°
$CH_3 - CH_2 - CHCl - COOH$	205°-206°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOH$	Éb. 186°	36°
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOH$	222°	

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOC_2H_5$ Éb.	121°	39°
$CH_3 - CH_2 - CHCl - COOC_2H_5$	160°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOC_2H_5$	141°	41°
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOC_2H_5$	185°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COCl$	100°	25°
$CH_3 - CH_2 - CHCl - COCl$	125°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COCl$	127°	28°
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COCl$	155°	

Je signalerai encore les concordances suivantes :

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH$ Éb.	165°	25°
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOH$	186°	
$CH_3 - CH_2 - CHCl - COOH$	205°-206°	19°
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOH$	222°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOC_2H_5$	121°	23°
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOC_2H_5$	144°	
$CH_3 - CH_2 - CHCl - COOC_2H_5$	160°	25°
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOC_2H_5$	185°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COCl$	100°	27°
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COCl$	127°	
$CH_3 - CH_2 - CHCl - COCl$	125°	30° ou 32°
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COCl$	155°-157°	

II. — Acide isovalérique α chloré

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CHCl - CO(OH).$$

Le point de départ de ce corps est la cyanhydrine isobutyrique

$$(CH_3)_2 - CH - CH(OH) - CN,$$

laquelle est elle-même le produit de la fixation de l'acide HCN sur l'aldéhyde isobutyrique.

J'ai préparé moi-même ce composé. Voici comment j'ai opéré.

On sursature l'aldéhyde isobutyrique, fraîchement préparée, au moyen d'un courant d'HCN anhydre; cette action est accompagnée d'un dégagement de chaleur notable : aussi faut-il refroidir ; puis on chauffe le mélange, au bain d'eau, en tube scellé pendant environ un jour et demi. La fin de la réaction se constate facilement par l'aspect huileux que prend la masse et par une diminution de volume appréciable. On chasse finalement l'excès d'HCN en évaporant à une température peu élevée, pendant une dizaine de minutes, le produit placé au préalable dans une capsule à fond plat.

L'aldéhyde butyrique dont je me suis servi a été préparée par l'oxydation de l'alcool isobutylique par le mélange chromique.

Elle a été purifiée par transformation en combinaison bisulfitique et chassée de cette dernière au moyen de Na_2CO_3; elle bouillait à 63°-64°.

$$\left.\begin{matrix} K_2Cr_2O_7 \\ + \\ 4H_2SO_4 \end{matrix}\right\rangle O_3 + 3\left(\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH \\ \diagup\!\!\diagdown \\ CH_3 \quad CH_3 \end{matrix}\right) = 3\left(\begin{matrix} CH = O \\ | \\ CH \\ \diagup\!\!\diagdown \\ CH_3 \quad CH_3 \end{matrix}\right) + 3H_2O.$$

Sous l'action de PCl_5, la cyanhydrine isobutyrique se transforme en nitrile isovalérique α chloré

$$(CH_3)_2 - CH - CHCl - CN.$$

On opère comme il a été indiqué précédemment. Le rendement est toutefois moins élevé.

Ce nitrile constitue un liquide incolore, d'une odeur fort caractéristique, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther, et bouillant sans décomposition à 154°-155° sous une pression de 750 millimètres.

Nitrile isopropylique α bromé

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CHBr - CN.$$

Ce composé résulte de l'action du PCl_3Br_2 sur la cyanhydrine isobutylidénique : on laisse tomber goutte à goutte la cyanhydrine (15 grammes) sur un mélange de 21 grammes de PCl_3 et de 24 grammes de Br. La réaction est fort vive, beaucoup plus intense qu'avec le PCl_5, et s'accompagne d'un abondant dégagement d'HBr. Le reste de l'opération s'effectue comme ci-dessus.

Ce nitrile constitue un liquide jaunâtre qui n'est pas distillable sous la pression ordinaire. Distillé sous une pression de 754 millimètres de mercure, le liquide passe totalement entre 175° et 180° en dégageant abondamment de l'HBr.

Je regrette de n'avoir pu poursuivre l'étude de ce composé, vu que, par distraction, j'ai employé pour la distillation toute la quantité de cyanhydrine bromée — environ 8 grammes — que j'avais obtenue.

Acide isovalérique α chloré

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CHCl - CO(OH).$$

Cet acide résulte de l'hydratation du nitrile isopropylique α chloré. Dans un ballon muni d'un long tube servant de réfrigérant, la cyanhydrine chlorée est traitée par environ deux fois son volume d'HCl concentré et l'on chauffe au bain d'eau. Vu l'insolubilité du nitrile chloré dans l'HCl, cette hydratation se fait avec assez de lenteur, et pour déterminer la formation d'un précipité abondant de NH_4Cl, il faut au moins chauffer cinq ou six heures.

Après refroidissement et dépôt de NH_4Cl, on étend le liquide quelque peu d'eau, on neutralise partiellement par du $NaHCO_3$, on extrait par l'éther et l'on chasse celui-ci au bain d'eau ; il reste un produit huileux qui est l'acide isovalérique α chloré impur.

Pour le purifier et le débarrasser du nitrile chloré non transformé qu'il renferme, je l'ai converti en sel sodique au moyen de $NaHCO_3$ en solution concentrée. La masse traitée ensuite par l'éther donne une solution éthérée contenant le nitrile chloré non transformé, et il reste une solution aqueuse qui renferme le sel sodique de l'acide. L'acide en est chassé par neutralisation au moyen de HCl, suivie d'une extraction par l'éther que l'on expulse ultérieurement. On obtient ainsi un produit très pur que l'on dessèche sur du $CaCl_2$ fondu.

Rendement : 20 grammes de nitrile chloré nous ont fourni 8 grammes d'acide pur.

L'*acide isovalérique α chloré* constitue un liquide incolore, huileux, d'une odeur caractéristique nullement désagréable et d'une saveur brûlante.

Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther.

Soumis à l'action d'un mélange réfrigérant, il se congèle en une belle masse cristalline qui fond à 16°.

Il bout à 125°-126° sous 32 millimètres de pression.

Quand on le distille sous une pression de 756 millimètres, les premières gouttes du liquide commencent à passer à 180°, puis le thermomètre monte rapidement jusqu'à 210°-212°, où il reste fixe et où la presque totalité du produit passe. Une partie très minime se décompose en HCl et en acide non saturé C_4H_7-COOH.

Sa densité à l'état liquide à 13°,2 est égale à 1.135.

Son indice de réfraction à 11° est 1.44496.

La densité de sa vapeur, prise par la méthode d'Hofmann dans la vapeur d'aniline, a donné les résultats suivants :

Substance		0gr,0381
Baromètre		756mm
Mercure soulevé.		640mm
Tension de la vapeur . . .		116mm
Volume de la vapeur . . .		66cc3
Densité	trouvée	4.83
	calculée	4.72

Le dosage du Cl nous a fourni les chiffres ci-après :

I. 0gr,1982 de substance ont donné 0gr,2123 de AgCl;
II. 0gr,1863 de substance ont donné 0gr,1965 de AgCl;

d'où l'on conclut :

	Cl % trouvé.	Cl % calculé.
I. . .	26.51	26.01
II . .	26.10	

Chlorure d'isopropyl-acétyle α chloré

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CHCl - COCl.$$

Ce composé prend naissance par l'action du PCl_5 sur l'acide isovalérique α chloré : cette réaction s'établit d'après l'équation connue. Le mode opératoire est le même que pour la préparation de son isomère précédent. J'ai mis en réaction 20 grammes d'acide et 13 grammes de PCl_5 et j'ai obtenu 7 grammes de chlorure acide.

Le chlorure d'isopropyl-acétyle α chloré se présente sous forme d'un liquide incolore d'une odeur insupportable.

Il bout à 148°-149° sous une pression de 759 millimètres de mercure.

Sa densité à l'état liquide à 13°,2 a été trouvée égale à 1.135.

La densité de sa vapeur, prise au moyen de l'appareil d'Hofmann dans la vapeur d'eau, conduit aux données suivantes :

Substance.		0gr,0351
Baromètre.		758mm
Mercure soulevé.		675mm
Tension de la vapeur . . .		85mm
Volume de la vapeur . . .		59cc9
Température.		100°
Densité	trouvée	5.53
	calculée	5.35

L'analyse a donné les résultats suivants quant au chlore :

I. 0gr,1081 de substance ont donné 0gr,1997 de AgCl;
II. 0gr.2016 de substance ont donné 0gr,3722 de AgCl;

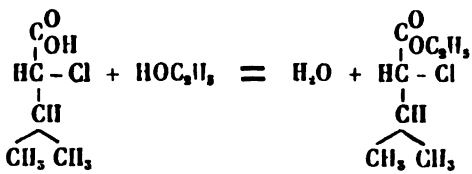
ce qui correspond à

	Cl % trouvé.	Cl % calculé.
I . .	45.71	45.81
II . .	45.66	

Isovalérate d'éthyle α chloré.

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CHCl - COOC_2H_5.$$

Cet éther chloré est produit par l'action de l'alcool éthylique C_2H_5OH sur l'acide isovalérique α chloré en présence de l'H_2SO_4.



10 grammes d'acide sont mis en réaction avec environ son poids d'alcool éthylique et trois ou quatre gouttes d'H_2SO_4 concentré. On chauffe au réfrigérant à reflux, au bain d'eau, pendant environ deux heures. Après refroidissement, la masse homogène est traitée par un excès d'eau. L'éther chloré formé se sépare à la partie supérieure sous forme d'une couche insoluble que l'on décante. La couche aqueuse est ensuite épuisée par l'éther pour en extraire la partie du produit restée en suspension, éther que l'on chasse ultérieurement au bain d'eau. L'isovalérate d'éthyle est enfin desséché sur du $CaCl_2$ fondu, puis rectifié.

Quant au rendement de l'opération, les 10 grammes d'acide chloré employés m'ont fourni 5 grammes d'éther chloré.

2° *Propriétés :* Liquide moins mobile que l'eau, d'une odeur de menthe pénétrante et d'une saveur caractéristique.

Il est insoluble dans l'eau; l'alcool et l'éther le dissolvent aisément.

Il bout à 177°-179° sous 756 millimètres de pression.

Sa densité à l'état liquide à 13°,2 est égale à 1.021.

Son indice de réfraction à 11° est 1.42951.

La densité de sa vapeur, prise par la méthode d'Hofmann dans la vapeur d'aniline, a été trouvée égale à 5.43. Calculée, elle est 5.68. Voici le détail de cette détermination :

Substance		0gr,0311
Baromètre		755mm
Mercure soulevé		654mm
Tension de la vapeur		99mm
Volume de la vapeur		61cc,9
Température		180°
Densité	trouvée	5.43
	calculée	5.68

La quantité calculée de Cl y contenu est de 21.58 °/o; expérimentalement, nous y avons trouvé respectivement 21.38 et 21.42 °/o, ce qui résulte de ce qui suit :

I. 0gr,1462 de substance ont fourni 0gr,1264 AgCl;

II. 0gr,1127 de substance ont fourni 0gr,0975 AgCl.

Remarque sur le point d'ébullition des composés précédents.

Il est intéressant de constater que la différence entre les points d'ébullition des acides valériques normal et iso, de leurs éthers éthyliques et de leurs chlorures acides — différence qui est de 10° environ — se maintient sensiblement entre les dérivés α monochlorés correspondants. Cela résulte des rapprochements suivants :

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOH$	Éb. 186°	12°
$(CH_3)_2 - CH - CH_2 - COOH$	174°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOH$	222°	10° ou 12°
$(CH_3)_2 - CH - CHCl - COOH$	210°-212°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COCl$	127°	14°
$(CH_3)_2 - CH - CH_2 - COCl$	113°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COCl$	157°	8°
$(CH_3)_2 - CH - CHCl - COCl$	149°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOC_2H_5$	144°	9°
$(CH_3)_2 - CH - CH_2 - COOC_2H_5$	135°	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOC_2H_5$	185°	8°
$(CH_3)_2 - CH - CHCl - COOC_2H_5$	177°	

III. — Acide méthyl-éthyl-acétique α chloré,

$$CH_3 - CH_2 > CCl - CO(OH).$$

Le point de départ de ce corps est la cyanhydrine méthyl-éthyl-acétonique

$$CH_3 - CH_2 > C(OH) - CN,$$

produit de la fixation de HCN sur la méthyl-éthyl-cétone $CH_3 - CH_2 - C = O - CH_3$.

CNH peut être présenté à la méthyl-éthyl-cétone de trois manières différentes :

α) Action de HCN aqueux (Städeler);

β) Action de KCN + HCl (Wislicenus et Urech);

γ) Action de HCN anhydre (id.).

J'ai essayé deux méthodes :

Celle qui consiste à laisser tomber, goutte à goutte, de l'HCl en quantité exactement calculée sur un mélange de KCN et de $CH_3 - CO - C_2H_5$ ne m'a donné que des résultats fort médiocres.

Au contraire, l'addition de l'HCN anhydre à la cétone fraîchement distillée, suivie de la caléfaction du mélange en tube scellé vers 70°, m'a procuré d'excellents résultats : 70 % environ.

Sous l'action de PCl_5, cette cyanhydrine se transforme en nitrile méthyl-éthyl-acétique monochloré :

$$CH_3 - CH_2 > CCl - CN.$$

Les détails de cette préparation sont absolument les mêmes que pour la production de son isomère précé-

dent. Seulement, pour éviter une décomposition éventuelle du produit par suite de l'échauffement de la masse, il faut laisser tomber la cyanhydrine sur le PCl_5 beaucoup plus lentement et avoir soin de refroidir constamment le ballon où se passe la réaction. Le produit extrait par l'éther après avoir été desséché est soumis à plusieurs rectifications sous pression réduite.

Le nitrile méthyl-éthyl-acétique α chloré constitue un liquide incolore, aussi mobile que l'eau, d'une odeur forte. Il est insoluble dans l'eau et dans l'HCl concentré à l'inverse de la cyanhydrine méthyl-éthyl-acétonique elle-même. Il est facilement soluble dans l'alcool et l'éther.

Distillé sous 32 millimètres de pression, il bout à 55°-60° sans se décomposer.

Au contraire, soumis à la distillation sous 762 millimètres de pression, la majorité du produit passe entre 120° et 135° en se décomposant en HCl qui se dégage abondamment et en nitrile non saturé C_4H_7 - CN. Sa densité liquide à 15° est égale à 0.8969.

J'en ai déterminé la densité de la vapeur à différentes températures dans l'appareil de Hofmann : à 78°, à 100° et à 180°. Voici le détail de ces déterminations :

		A 78° dans la vapeur de C_2H_5OH.	A 100° dans la vapeur d'H_2O.	A 185° dans la vapeur d'aniline.
Substance		0gr,0261	0gr,0298	0gr,0298
Baromètre		760mm	765mm	765mm
Mercure soulevé . .		713mm	659mm	627mm
Tension de la vapeur .		47mm	106mm	138mm
Volume de la vapeur .		105cc,5	62cc,5	68cc,5
Densité	obtenue. .	3.97	3.70	3.07
	calculée. .	4.08	4.08	4.08

Ce qui correspond à une dissociation de :

51.39 °/. 55.13 °/. 66.45 °/.

Son analyse a donné les résultats suivants :

I. 0gr,1603 de substance ont fourni 0gr,1937 AgCl ;
II. 0gr,1418 de substance ont fourni 0gr,1693 AgCl ;

d'où l'on déduit :

	Cl °/o trouvé.	Cl °/o calculé.
I. . . .	29.89	30.1
II. . . .	29.54	

Acide méthyl-éthyl-acétique α chloré

$$\begin{matrix} CH_3 - CH_2 \\ CH_3 \end{matrix} > CCl - CO(OH).$$

Ce composé résulte de l'hydratation du nitrile chloré que je viens de décrire.

$$\begin{matrix} CN \\ | \\ C - Cl \\ CH_3\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{matrix} + HCl + 2H_2O = \begin{matrix} COOH \\ | \\ C - Cl \\ CH_3\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{matrix} + NH_4Cl.$$

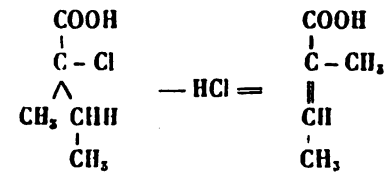
Le mode opératoire et la marche de la réaction sont en tous points les mêmes que pour la préparation de l'acide isovalérique α chloré.

Cet acide constitue un liquide huileux, incolore, d'une odeur et d'une saveur analogues à celles de ses isomères. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther.

Distillé sous 36 millimètres de pression, il bout à 123°-124°.

Soumis à la distillation sous une pression de 754 millimètres, la totalité du produit passe entre 200° et 205° en se décomposant en grande partie en HCl qui se dégage abondamment, et probablement en acide méthylcrotonique.

Dans le produit distillé ainsi, il se dépose après quelque temps de magnifiques cristaux de ce supposé acide méthylcrotonique



Sa densité à l'état liquide à 10° est égale à 1.101.

Son indice de réfraction à 11° est 1.45077.

La densité de sa vapeur à 180° dans la vapeur d'aniline (méthode de Hofmann) a été trouvée égale à 3.17 ; calculée, elle est 4.72.

Suit le détail de cette détermination :

Substance.		0gr,0353
Baromètre.		764mm
Mercure soulevé.		670mm
Tension de la vapeur . . .		94mm
Volume de la vapeur . . .		115cc,4
Densité	trouvée	3.17
	calculée	4.72

Cela correspond à une dissociation de 75.08 %.

Le dosage du Cl y contenu conduit aux données suivantes :

I. 0gr,1248 de substance ont donné 0gr,1520 de AgCl;

II. 0gr,1917 de substance ont donné 0gr,1995 de AgCl;

ce qui correspond à

	Cl % trouvé.	Cl % calculé.
I . . .	26.17	26.01
II. . .	25.75	

Chlorure de méthyl-éthyl-acétyle α chloré.

$$\begin{matrix} CH_3 - CH_2 \\ H_3C \end{matrix} > CCl - COCl.$$

Ce chlorure acide se forme par l'action de PCl_3 sur l'acide méthyl-éthyl-acétique α chloré, réaction qui s'effectue suivant la marche connue.

Le *chlorure de méthyl-éthyl-acétyle α monochloré* constitue un liquide incolore, fumant fortement à l'air, d'une odeur piquante insupportable et d'une saveur brûlante.

Il est incompatible avec l'eau, en présence de laquelle il régénère l'acide méthyl-éthyl-acétique α chloré.

Il bout à 143°-144° sous 749 millimètres de pression.

Sa densité à l'état liquide à 14° est égale à 1.187.

La densité de sa vapeur, déterminée au moyen de l'appareil de Hofmann, dans la vapeur d'eau à 100°, a été trouvée égale à 5.52. Calculée, elle est 5.35.

Voici les chiffres de la détermination de cette constante :

Substance.	0gr,1066
Baromètre.	745mm
Mercure soulevé.	572mm
Tension de la vapeur . . .	173mm
Volume de la vapeur . . .	89cc,5
Température.	100°

L'analyse qui en a été faite a donné les résultats suivants :

I. 0gr,1390 de substance ont fourni 0gr,2583 AgCl;

II. 0gr,1120 de substance ont fourni 0gr,2081 AgCl;

d'où il résulte

	Cl °/o trouvé.	Cl °/o calculé.
I . . .	45.97	45.81
II . .	45.96	

Méthyl-éthyl-acétate d'éthyle α chloré

$$\begin{matrix} CH_3 - CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CCl - COOC_2H_5.$$

J'ai obtenu ce corps par l'action simultanée de l'alcool C_2H_5OH et de l'HCl sur la cyanhydrine méthyl-éthyl-acétonique α chlorée, ce qui revient à l'action de C_2H_5OH sur l'acide lui-même.

On opère de la même façon que pour la préparation de l'éther éthylique correspondant à l'acide valérique normal α monochloré.

Le méthyl-éthyl-acétate d'éthyle α chloré se présente sous forme d'un liquide huileux, incolore, d'une odeur agréable rappelant la menthe.

Insoluble dans l'eau, de même que ses isomères, il est soluble dans l'alcool et l'éther.

Ce composé bout à 175° sous 747 millimètres de pression.

Sa densité liquide à 14° est égale à 1.069.

Son indice de réfraction à 11° est 1.43683.

La densité de sa vapeur, prise dans la vapeur d'aniline (méthode de Hofmann), conduit aux résultats suivants :

Substance		0gr,0230
Baromètre		744mm
Mercure soulevé		685mm
Tension de la vapeur		62mm
Volume de la vapeur		65cc,2
Température		180°
Densité	trouvée	5.55
	calculée	5.68

Son analyse a fourni les chiffres ci-après :

I. 0gr,1320 de substance ont donné 0gr,1148 de AgCl;
II. 0gr,1316 de substance ont donné 0gr,1133 de AgCl;

ce qui correspond à :

	Cl °/o trouvé.	Cl °/o calculé.
I	21.51	21.58
II	21.31	

Considérations générales.

Je terminerai par quelques considérations générales sur l'ensemble des composés étudiés ci-dessus. J'examinerai successivement leurs propriétés physiques, extérieures et expérimentales, et finalement leur stabilité sous l'action de la chaleur.

Résumons d'abord leurs propriétés.

	Point d'ébullition.	Densité.
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOH$	222°	1.141
$(CH_3)_2 - CH - CHCl - COOH$	210°-212°	1.135
$CH_3 - CH_2 > CH_3 > CCl - COOH$	200°-205°	1.101
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COCl$	155°-157°	1.246
$(CH_3)_2 - CH - CHCl - COCl$	148°-149°	1.135
$CH_3 - CH_2 > CH_3 > CCl - COCl$	143°-144°	1.187
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHCl - COOC_2H_5$	185°	1.040
$(CH_3)_2 - CH - CHCl - COOC_2H_5$	177°-179°	1.021
$CH_3 - CH_2 > CH_3 > CCl - COOC_2H_5$	175°	1.069

Propriétés physiques.

a) *Extérieures.* — Tous constituent des liquides incolores. Les acides sont huileux et possèdent une odeur caractéristique. Il est intéressant de remarquer, à ce propos, que le remplacement de H par Cl dans les acides valériques a fait disparaître l'odeur nauséabonde qui caractérise ces derniers.

Les éthers se signalent par leur odeur agréable rappelant la menthe.

Les chlorures acides, au contraire, se font remarquer par leur odeur piquante, insupportable.

b) *Expérimentales.*

1° Densité :

Pour les acides, celle-ci va en diminuant du premier terme jusqu'au troisième.

Ce fait ne se constate ni pour les chlorures acides ni pour les éthers.

2° Volatilité :

Elle augmente au fur et à mesure que le carbone est plus ramassé sur lui-même.

Je ferai encore remarquer que l'introduction de CH_3 à la place de H dans l'acide butyrique α monochloré détermine une diminution de volatilité d'autant plus grande que CH_3 se substitue dans un chaînon CH_2 plus éloigné du fragment chloré. C'est ce que constate le tableau suivant :

$COOC_2H_5$ – $CHCl$ – CH_2 – CH_3	Éb. 160°	15°	19°	25°
$Cl - C(COOC_2H_5) - CH_2 - CH_3$	Éb. 175°			
$COOC_2H_5$ – $CHCl$ – $CH - CH_3$ – CH_3	Éb. 179°			
$COOC_2H_5$ – $CHCl$ – CH_2 – CH_2 – CH_3	Éb. 185°			

Il n'est pas moins intéressant de comparer la volatilité de ces composés à celle de l'acide acétique monochloré auquel on peut les rattacher.

Deux faits se dégagent de cette comparaison :

1° L'introduction à la place de H dans $COOH - CH_2Cl$ des radicaux

$$CH_2 - CH_2 - CH_3,\quad -CH<\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix},\quad -CH<\begin{matrix}CH_3\\CH_2 - CH_3\end{matrix},$$

diminue la volatilité;

2° Cette diminution est d'autant moins considérable que le radical substituant a une structure plus complexe.

$ClH_2-C-COOH$	Éb. 185°	37°	25° ou 27°	15° ou 20°	
$CH_3-CH_2-CH_2-CHCl-COOH$	222°				
$(CH_3)_2-CH-CHCl-COOH$	210°-212°				
$\begin{matrix}CH_3\\CH_3-CH_2\end{matrix}>CCl-COOH$	200°-205°				

La même chose se constate pour les éthers et les chlorures acides :

$ClH_2C-COOC_2H_5$	Éb. 145°	40°	32° ou 34°	30°
$CH_3-CH_2-CH_2-CHCl-COOC_2H_5$	185°			
$(CH_3)_2-CH-CHCl-COOC_2H_5$	177°-179°			
$\begin{matrix}CH_3\\CH_3-CH_2\end{matrix}>CCl-COOC_2H_5$	175°			

$ClCH_2-COCl$	Éb. 106°	49° ou 51°	42° ou 43°	37° ou 38°
$CH_3-CH_2-CH_2-CHCl-COCl$	155°-157°			
$(CH_3)_2-CH-CHCl-COCl$	148°-149°			
$\begin{matrix}CH_3-CH_2\\CH_3\end{matrix}>CCl-COCl$	143°-144°			

Quant à leur stabilité sous l'action de la chaleur : pour les acides, elle diminue au fur et à mesure qu'il y

a plus de chaînes latérales : les deux premiers sont stables, le troisième se décompose.

Les chlorures acides et les éthers se font remarquer par leur stabilité, alors même que l'acide est instable.

Ce travail a été fait au laboratoire de chimie générale de l'Université de Louvain. Je me fais un devoir, en terminant ces pages, d'adresser mes bien sincères remerciements à mon savant maître, M. le Professeur Louis Henry, ainsi qu'à M. le Professeur Paul Henry, pour les bienveillants et utiles conseils qu'ils n'ont cessé de me prodiguer dans le cours de mes travaux.

Louvain, 28 mai 1900.

Sur l'acétone méthyl-éthylique

$CH_3 - CO - CH_2 - CH_3$;

par Léon Van Reymenant, docteur en sciences.

L'acétone méthyl-éthylique $CH_3 - CH_2 - CO - CH_3$ renferme trois groupements hydrocarbonés d'ordres divers : un CH_2 et deux CH_3 inégalement placés vis-à-vis de $C = O$; à ce titre, elle offre un grand intérêt au point de vue de la *solidarité fonctionnelle*.

Elle a de plus l'avantage d'être aujourd'hui un produit commercial d'un prix peu élevé. J'en ai repris l'étude à l'invitation de M. le Professeur Louis Henry.

J'ai consacré jusqu'ici à mes recherches au delà de 8 litres de ce composé. Le produit, tel qu'il m'a été fourni,

était impur. Avant de le mettre en réaction, je l'ai traité par le K_2CO_3 fondu pour le déshydrater totalement. A la suite de distillations multiples, j'ai obtenu un produit qui bouillait à 78°-79° sous la pression ordinaire.

La combustion a donné les résultats suivants :

	Substance.	CO_2 obtenu.	Carbone °/₀ trouvé.	Carbone °/₀ calculé.
I. . .	0gr,1952	0gr,4743	66.28	66.67
II . .	0gr,2004	0gr,4880	66.43	

Ces dosages de carbone ont été faits par la voie humide selon la méthode de F. Fritsch (*).

Avant de commencer, je rappellerai que l'acétone méthyl-éthylique a déjà fait l'objet d'un grand travail, en 1892, de la part de M. Vladesco, dans le laboratoire de Friedel (**).

A. — Dérivés de substitution.

Action du chlore.

J'ai employé le chlore sous deux formes :

a) Comme tel ;

b) A l'état de chlorure de sulfuryle SO_2Cl_2.

L'un et l'autre agissent avec une grande intensité. Aussi faut-il refroidir pendant tout le temps de l'opération. J'ai constaté que la lumière directe active considérablement l'action substituante du chlore.

(*) Liebig's, *Annalen des Chemie*, t. CCXCIV, p. 79 (1896).

(**) *Bulletin de la Société chimique*, t. XXXIX, p. 136.

Sur une molécule-gramme d'acétone, j'ai fait réagir une molécule-gramme de Cl libre ou une molécule-gramme de SO_2Cl_2.

L'emploi de ce dernier composé offre cet avantage qu'il est plus aisé d'en déterminer la quantité réagissante qu'avec le Cl libre.

Le produit direct de la chloruration a été lavé plusieurs fois à l'eau, pour enlever l'acétone non transformée ainsi que l'HCl.

Je l'ai ensuite desséché sur du $CaCl_2$ et soumis à la distillation fractionnée.

J'ai retiré ainsi, de 150 grammes d'acétone, les diverses portions suivantes :

De 90° à 112°	17	grammes.
112° à 118°	50	—
122° à 128°	20	—
130° à 140°	10	—
140° à 148°	5	—

En rectifiant ce qui passe de 112° à 118°, on obtient un produit bouillant fixe à 115°, température d'ébullition indiquée par M. Vladesco pour la méthyl-éthyl-acétone α chlorée C_4H_7OCl ou $CH_3 - CHCl - CO - CH_3$.

Voici l'analyse qui a été faite de ce produit :

I . . . 0gr,2072 ont fourni 0gr,2731 de AgCl;

II. . . . 0gr,1221 ont fourni 0gr,2010 de CO_2;

d'où l'on déduit en %

	Trouvé.	Calculé.
Cl. . . .	33.45	33.33
C	44.89	45.08

Lors de la rectification de la portion bouillant de 122° à 128°, j'ai recueilli ce qui passait de 124° à 125°. Le thermomètre étant stationnaire, on peut admettre que c'est un produit déterminé et spécial. En effet, les analyses dont les résultats suivent correspondent à la composition d'un dérivé monochloré de la formule C_4H_7ClO.

	Substance.	AgCl.	Cl °/₀ trouvé.	Calculé.
I . . .	1gr,5045	2gr,1128	34.20	33.33
II. . .	0gr,1026	0gr,1386	33.46	

	Substance.	CO_2.	C °/₀ trouvé.	Calculé.
III . .	0gr,1452	0gr,2374	44.99	45.08
IV . .	0gr,1256	0gr,2059	45.02	

J'ai constaté que le résultat final de la chloruration est le même, que l'on emploie le Cl comme tel ou le SO_2Cl_2.

L'action du Cl se concentre donc autour du composant CO pour nous donner les deux dérivés monochlorés C_4H_7ClO

Primaire . . . $CH_2Cl - CO - CH_2 - CH_3$

et

Secondaire. . . $CH_3 - CO - CHCl - CH_3$

mais, en proportions inégales, le dérivé secondaire > CHCl se forme de préférence et représente environ les deux tiers du produit.

On remarquera que ces deux dérivés isomères diffèrent au point de vue de la volatilité comme les chlorures de butyle normaux C_4H_9Cl primaire et secondaire

$CH_2Cl - CH_2 - CH_2 - CH_3$	Éb.	78°
$CH_3 - CHCl - CH_2 - CH_3$		68°

Je tiens à noter que le dérivé primaire a échappé à M. Vladesco.

Par contre, je ne suis pas parvenu, dans les conditions où je me suis placé, à obtenir le dérivé bisubstitué bouillant vers 160°, comme l'indique cet auteur.

La nature de ces deux dérivés se constate d'une manière évidente par les produits d'oxydation qu'ils fournissent sous l'action de l'acide azotique.

Le dérivé *primaire* fournit un corps solide blanc cristallin, bouillant à 187° et fusible à 63°, c'est-à-dire de l'acide monochloro-acétique.

Les dosages de Cl ont donné les résultats suivants :

	Substance.	AgCl.	Cl °/₀ trouvé.	Calculé.
I . . .	0gr,6121	0gr,9203	37.60	37.57
II. . .	0gr,5981	0gr,9097	37.60	

Le dérivé *secondaire* $CH_3 - CHCl - CO - CH_3$ fournit, au contraire, un liquide qui bout à 182°, l'acide propionique α chloré dont les dosages de Cl ont fourni les chiffres suivants :

	Substance.	AgCl.	Cl°/₀ trouvé.	Calculé.
I . . .	0gr,1243	0gr,1660	33.03	32.72
II. . .	0gr,1579	0gr,2099	32.89	

Voici la description de ces deux acétones monochlorées :

Le dérivé *primaire* $CH_2 - CO - CH_2 - CH_3$ bout à 125° sous pression de 756 millimètres.

Sa densité à l'état liquide à 13° est égale à 1.080.

L'indice de réfraction déterminé au moyen du réfractomètre de Pulfrich à 10° est égal à 1.42701.

Le pouvoir réfringent moléculaire a été trouvé 25.35 au lieu de 25.55, qui correspond à la formule.

La densité de vapeur, déterminée selon la méthode de Hofmann, a été trouvée égale à 3.61 :

Substance	0gr,0289
Pression barométrique . . .	752mm
Mercure soulevé	619mm
Tension de la vapeur . . .	103mm
Volume de la vapeur . . .	63cc,5
Température	100°
Densité calculée	3.68

Le dérivé *secondaire* $CH_3 - CO - CHCl - CH_3$ bout à 115° sous la pression de 758 millimètres.

Sa densité à 0° est égale à 1.032. Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 3.8; la densité calculée est 3.7.

Il se combine lentement avec le bisulfite de sodium pour former une combinaison cristalline. L'hydrogène naissant le ramène à l'état de méthyl-éthyl-cétone.

Action du brome.

Le brome réagit avec intensité sur l'acétone méthyl-éthylique.

On en laisse tomber dans le liquide bien refroidi une quantité équivalente à une molécule-gramme; le résultat

est le même qu'avec le Cl. La bromuration se concentre aussi autour du composant $\dot{C} = O$ pour former deux dérivés monobromés :

a) Un secondaire $CH_3 - CHBr - CO - CH_3$ qui bout à 133°-134°;

b) Un primaire $CH_2Br - CO - CH_2 - CH_3$ qui bout à 145°-146°.

Dosages de Br.

1° Dérivé primaire :

	Substance.	HgBr.	Brome °/₀ trouvé.	Brome °/₀ calculé.
I . . .	0gr,1921	0gr,2398	53.3	52.98
II. . .	0gr,2003	0gr,2499	53.15	

2° Dérivé secondaire :

	Substance.	HgBr.	Brome °/₀ trouvé.	Brome °/₀ calculé.
I . . .	0gr,1852	0gr,2310	53.07	52.98
II. . .	0gr,2049	0gr,3422	53.02	

Ce sont des liquides incolores quelque peu jaunâtres, alors qu'ils sont fraîchement distillés, mais fort altérables à la lumière, plus denses que l'eau et insolubles dans celle-ci.

Ces corps excitent fortement le larmoiement, ce qui rend leur maniement très pénible. Je ferai remarquer en passant que les dérivés secondaires CHX chloré et bromé piquent plus fortement que les dérivés primaires CH_2X correspondants.

Alcools cétoniques.

A ces dérivés haloïdes de substitution correspondent des alcools cétoniques :

a) Un alcool *secondaire* $CH_3 - CH(OH) - CO - CH_3$ ou méthyl-acétyl-carbinol;

b) Un alcool *primaire* $CH_3 - CH_2 - CO - CH_2(OH)$ ou propionyl-carbinol.

Je me suis efforcé de les obtenir l'un et l'autre, car ces corps offrent un grand intérêt au point de vue de l'influence que le groupement $\overset{\prime}{C} = O$ exerce sur le chaînon voisin $CH_2 - OH$ et $\overset{\prime}{C}H - OH$.

Ces alcools cétoniques peuvent s'obtenir par deux méthodes diverses :

a) Par la saponification de leurs acétates. Ceux-ci résultent de l'action des acétones monochlorées sur l'acétate de potassium ;

b) A l'aide des dérivés haloïdes de substitution de l'acétone que l'on décompose par l'eau seule ou par l'eau en présence des alcalis libres ou carbonates.

Je ferai d'abord connaître les *acétates cétoniques*. On les obtient l'un et l'autre par l'action des acétones monochlorées sur l'acétate de potassium dans l'alcool. On chauffe dans un appareil à reflux. Ce sont tous deux des liquides incolores d'une agréable odeur, un peu plus denses que l'eau et solubles dans celle-ci.

L'acétate $CH_3 - CH(C_2H_3O_2) - CO - CH_3$, correspondant au dérivé chloré secondaire, bout à 164° sous la pression ordinaire.

Sa densité à l'état liquide à 13° est égale à 1.027.

Le réfractomètre de Pulfrich a donné comme indice de réfraction à 13°,5 : 1.4143, d'où la réfraction moléculaire

a été trouvée 31.62, alors que calculée elle est égale à 31.61.

La densité de vapeur, déterminée par la méthode de Hofmann, a donné les résultats suivants :

Substance	0gr,0394
Pression atmosphérique. . .	759mm
Mercure soulevé	640mm
Tension de la vapeur . . .	63cc,7
Température	130°

ce qui correspond à 4.0; la densité théorique est 4.4.

Les dosages de carbone ont donné des résultats concordants.

	Substance.	CO_2	Carbone °/o trouvé.	Carbone °/o calculé.
I . . .	0gr,1046	0gr,2136	55.73	55.83
II. . .	0gr,0952	0gr,1931	55.31	

L'acétate $CH_3 - CH_2 - CO - CH_2(C_2H_3O_2)$, correspondant au dérivé monochloré *primaire*, bout à 176° sous la pression ordinaire.

La densité à l'état liquide à 13°,4 est égale à 1.029.

L'indice de réfractiou à la même température est 1.4151, et l'indice de réfraction moléculaire a été trouvé 31.37 ; théoriquement, il faudrait aussi 31.37.

La détermination de la densité de vapeur par la méthode de Hofmann a donné les chiffres suivants :

Substance	0gr,0200
Pression atmosphérique. . .	762mm
Mercure soulevé	681mm
Tension de la vapeur . . .	81mm
Volume de la vapeur . . .	56cc,5
Température	100°

ce qui correspond à 4.2; calculée, cette densité est égale à 4.4.

La combustion de ce produit a donné les chiffres suivants :

	Substance.	CO_2	C °/o trouvé.	Calculé.
I . . .	0gr,0852	0gr,1729	55.34	55.83
II. . .	0gr,1001	0gr,2032	55.42	

Méthyl-acétyl-carbinol

$CH_3 - CH(OH) - CO - CH_3$.

Le méthyl-acétyl-carbinol est un liquide légèrement coloré en jaune, presque inodore, d'une saveur douceâtre, très soluble dans l'eau et dans l'alcool, peu soluble dans l'éther.

Il est expulsé de sa solution aqueuse par le K_2CO_3.

Comme M. Vladesco l'indique, il réduit la solution ammoniacale de nitrate d'argent à chaud en formant un miroir d'argent. Dès la température ordinaire, il réduit la liqueur de Fehling.

Il distille à 148° sous la pression ordinaire sans décomposition.

Il se congèle par le froid, déjà à une température de 12° centigrades, en une masse cristalline, fusible à 15°.

Sa densité à l'état liquide à 16°,5 est égale à 1.012.

L'indice de réfraction est 1.4272 et l'indice de réfraction moléculaire a été trouvé 22.20 au lieu de 23.32.

Sa densité à l'état de vapeur a été trouvée 2.97.

Substance	0gr,0195
Pression atmosphérique . .	753mm
Mercure soulevé	651mm
Tension de la vapeur . . .	202mm
Volume de la vapeur . . .	65cc,7
Température	130°

La densité calculée est 3.04.

La combustion de cet alcool cétonique a donné les chiffres suivants :

	Substance.	CO_2	C °/o trouvé.	C °/o calculé.
I . . .	0gr,2469	0gr,4941	54.58	54.54
II. . .	0gr,3014	0gr,6020	54.46	

Propionyl-carbinol

$CH_3 - CH_2 - CO - CH_2(OH)$.

Ce produit est analogue au précédent. Il bout sous la pression ordinaire à 160°.

Je regrette de n'avoir pas été à même de l'étudier complètement. J'ai eu le malheur de perdre toute la quantité que j'en possédais, le ballon qui la renfermait s'étant brisé.

B. — Dérivés synthétiques.

Nitriles acétoniques ou acétones nitrilées.

Aux deux dérivés monochlorés de l'acétone méthyl-éthylique correspondent deux nitriles-acétones, à savoir :

1° $$CN - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CO - CH_3$$

ou le nitrile propionique α acétylé ;

2° $$CN - CH_2 - CO - CH_2 - CH_3$$

ou l'acétonitrile propionique (propionyl-acétonitrile).

Ces deux composés résultent de la réaction du cyanure de potassium sur les dérivés monochlorés secondaire et primaire de l'acétone méthyl-éthylique.

On sait combien la réaction du cyanure de potassium sur l'acétone biméthylique monochlorée $CH_2Cl - CO - CH_3$ est compliquée et l'impossibilité d'arriver par cette voie à la cyanacétone.

Il est très remarquable qu'à l'étage C_4 la réaction de KCN sur l'acétone monochlorée C_4H_7ClO soit relativement aussi nette et aussi aisée.

Nitrile propionique α acétylé

$$CN - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CO - CH_3.$$

Ce composé s'obtient aisément par la réaction de l'acétone monochlorée secondaire $CH_3 - CO - CHCl - CH_3$ sur KCN en solution aqueuse, concentrée et froide. On

laisse tomber le dérivé chloré goutte à goutte dans la solution du cyanure de potassium, que l'on agite vivement et que l'on maintient froide.

Le nitrile formé surnage. On le rectifie sous pression raréfiée dans un appareil Le Bel et Henniger à quatre boules.

Le rendement de l'opération est d'environ 80 °/₀ du rendement théorique.

La méthode suivie par M. Vladesco (action de l'acétone monochlorée sur KCN dans l'alcool à chaud en vase clos ou dans un appareil à reflux) ne m'a donné qu'un rendement d'environ 20 °/₀. Il se forme dans ces conditions une quantité considérable d'un produit sirupeux passant vers 223° dans le vide.

L'analyse du nitrile propionique acétylé ainsi formé a fourni les chiffres suivants :

			C °/₀		N °/₀	
Substance.	CO_2		trouvé.	calculé.	trouvé.	calculé.
I.	0gr,1045	0gr,2359	61.57	61.86	14.64	14.44
II.	0gr,0792	0gr,1792	61.71		14.56	

Le nitrile propionique α acétylé constitue un liquide d'une odeur fort caractéristique, comme les nitriles.

Insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther et l'alcool, il bout à 145°-146° sous la pression ordinaire (*).

Sa densité à l'état liquide à 13° est 1.494. Son pouvoir réfringent moléculaire est 25.03 au lieu de 25.53 calculé.

(*) M. Vladesco avait indiqué 156° pour point d'ébullition de ce liquide.

Sa densité, à l'état de vapeur, a été trouvée égale à 3.24.

Substance	0gr,0296
Pression atmosphérique . .	747mm
Mercure soulevé	687mm
Tension de la vapeur . . .	110mm
Volume de la vapeur . . .	66cc,7
Température	100°

La densité théorique est 3.43.

L'hydrogène du fragment >CH enclavé entre les composants - CN et >CO, à la façon du groupement $>CH_2$ de l'éther cyano-acétique $NC-CH_2-CO(OC_2H_5)$, est basique.

Soumis à l'action du sodium dans l'éther anhydre, le nitrile acétylo-propionique

$$\begin{array}{c} CN-CH-CO-CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

donne un dérivé sodé qui se précipite sous forme d'un corps blanc amorphe.

J'y ai trouvé 18.37 % de Na, dosé sous forme de sulfate; la formule en demande 18.46 %.

On obtient plus aisément ce composé à l'aide de l'éthylate sodique en solution alcoolique. Ce dérivé sodé est susceptible de réagir avec les éthers haloïdes.

Avec l'iodure de méthyle, on en obtient aisément le dérivé méthylique :

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CN-C-CO-CH_3, \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

ou le diméthyl-acétyl-acétonitrile.

C'est un liquide jaune, d'une odeur fade et pénétrante, qui bout à 163°-164° sous la pression ordinaire. Il est insoluble dans l'eau.

Sa densité à l'état liquide à 13° est égale à 1.008.

Sa densité à l'état de vapeur, déterminée selon la méthode de Hofmann, a été trouvée égale à 3.9.

Substance	0gr,0293
Pression atmosphérique . .	767mm
Mercure soulevé	669mm
Tension de la vapeur . . .	98mm
Volume de la vapeur . . .	60cc,9
Température	100°

La densité théorique est 3.8.

Les résultats des analyses sont les suivants :

			C°/o		N°/o	
	Substance.	CO_2 trouvé.	trouvé.	calculé.	trouvé.	calculé.
I.	0gr,0213	0gr,0561	64.79	64.87	12.61	12.96
II.	0gr,0415	0gr,0981	64.47		12.79	

Le dérivé sodé du nitrile propionique α acétylé peut réagir avec une molécule de chlore. Il se forme du chlorure de sodium et du nitrile propionique α chloré-acétylé :

$$CN-\underset{\underset{Cl}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CO-CH_3.$$

Ce corps constitue un liquide légèrement jaunâtre, d'une odeur forte et piquante.

Il bout à 95° sous une pression de 45 millimètres de mercure.

Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 4.8. La densité théorique est 4.9.

Les résultats de son analyse sont les suivants :

a) Carbone :

	Substance.	CO_2 trouvé.	C °/o trouvé.	C °/o calculé.
I. . .	0gr,3102	0gr,5185	45.57	45.63
II. . .	0gr,2900	0gr,4846	45.56	

b) Chlore :

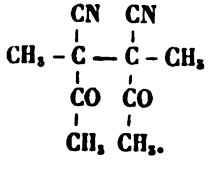
Substance.	AgCl trouvé.	Cl °/o trouvé.	Cl °/o calculé.
0gr,1592	0gr,1740	27.04	27.00

c) Azote :

	Substance.	N °/o trouvé.	N °/o calculé.
I. . .	0gr,2973	10.55	10.65
II. . .	0gr,3110	10.74	

Il est très difficile d'obtenir bien sec le dérivé sodé du nitrile cyané.

De plus, il faut veiller à ce que le Cl soit toujours en excès, sinon le nitrile chloré réagit lui-même sur le nitrile sodé encore existant pour former le composé suivant :



Cela étant, j'ai trouvé avantageux d'introduire par petites portions le dérivé nitrilique sodé aussi sec que possible dans la solution du chlore dans le tétrachlorure de carbone.

Au demeurant, la méthode la plus simple et qui donne les meilleurs résultats est la chloruration par le chlorure de sulfuryle sous l'action directe du soleil.

En exposant pendant plusieurs jours un mélange de brome et de nitrile propionique α acétylé, il se forme du nitrile propionique α acétylé monobromé :

$$CN - \overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{Br}{|}}{C}} - CO - CH_3.$$

Celui-ci a les propriétés du nitrile chloré; liquide mobile, plus jaune que le dérivé chloré, plus piquant, excitant vivement le larmoiement.

Il bout à 122° sous une pression de 30 millimètres. Les résultats de son analyse sont les suivants :

			C °/o			Br °/o		H °/o	
	Substance.	CO_2 trouvé.	trouvé.	calculé.	AgBr trouvé.	trouvé.	calculé.	trouvé.	calculé.
I.	0gr,1931	0gr,3660	34.19	34.09	»	»	»	»	»
II.	0gr,1992	0gr,2185	33.12						
III.	0gr,1805	»	»	»	0gr,1932	45.54	45.45	»	»
IV.	0gr,1294	»	»	»	»	»	»	8.01	7.93
V.	0gr,3122	»	»	»	»	»	»	7.99	

Ces deux dérivés haloïdes réagissent avec une grande énergie avec le cyanure de potassium pour donner le nitrile acétyl-méthyl-malonique

$$\begin{matrix} CN \\ CN \end{matrix} > C < \begin{matrix} CH_3 \\ CO - CH_3. \end{matrix}$$

C'est un liquide d'une odeur caractéristique et rappelant l'odeur des nitriles en général. Insoluble dans l'eau.

Il bout à 195° à la pression ordinaire.

Les dosages de carbone et d'azote ont donné les résultats suivants :

			C °/o		N °/o	
	Substance.	CO_2 trouvé.	trouvé.	calculé.	trouvé.	calculé.
I.	0gr,5045	0gr,6375	57.54	59.03	»	»
II.	0gr,5221	0gr,6958	58.91			
III.	0gr,1993	»	»	»	23.01	22.95
IV.	0gr,2003	»	»	»	23.14	

L'hydratation de ces nitriles par l'acide chlorhydrique, dans l'eau, les transforme en acides. Je regrette de n'avoir pas été à même d'en faire l'étude. Je dois me contenter d'en signaler quelques-uns qui se présentent sous forme de liquides épais.

a) Acide propionique α acétylé

$$COOH - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CO - CH_3.$$

Il bout à 224° sous la pression de 34 millimètres. Les dosages de carbone ont donné les résultats suivants :

			C °/o	
	Substance.	CO_2 trouvé.	trouvé.	calculé.
I . . .	0gr,2260	0gr,4515	54.49	54.55
II. . .	0gr,1247	0gr,2489	54.45	

b) Acide propionique α chloro-acétylé.

$$COOH - \underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{Cl}{C}} - CO - CH_3.$$

Il bout à 141° sous la pression de 45 millimètres. L'analyse de ce corps a fourni les résultats suivants :

	Substance.	CO_2 trouvé.	C °/o trouvé.	C °/o calculé.	AgCl trouvé.	Cl °/o trouvé	Cl °/o calculé.
I.	0gr,3101	0gr,4527	39.81	39.87	»	»	»
II.	0gr,2192	0gr,3196	39.77				
III.	0gr,1995	»	»	»	0gr,1897	23.64	23.59

c) Acide propionique α bromo-acétylé

$$COOH - \underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{Br}{C}} - CO - CH_3.$$

Il bout à 150° sous la pression de 45 millimètres à l'analyse. Ce produit a donné les résultats suivants :

	Substance.	CO_2 trouvé.	C °/o trouvé.	C °/o calculé.	AgBr trouvé.	Br °/o trouvé.	Br °/o calculé.
I.	0gr,4100	0gr,4621	30.73	30.72	»	»	»
II.	0gr,3309	0gr,3728	30.72				
III.	0gr,1920	»	»	»	0gr,1879	41.20	41.02

Propionyl-acétonitrile

$CN - CH_2 - CO - CH_2 - CH_3$

Ce corps se produit dans les mêmes conditions que le nitrile propionique α acétylé, par la réaction de la monochloro-acétone méthyl-éthylique primaire $ClCH_2 - CO - CH_2 - CH_3$ sur le cyanure de potassium en solution aqueuse, concentrée et à froid.

C'est un liquide incolore; il bout à 164° centigrades sous la pression ordinaire. Il est plus dense que l'eau et insoluble dans celle-ci.

Sa densité à l'état liquide à 9° est égale à 0.976.

Son pouvoir réfringent moléculaire a été trouvé égal à 25.00 au lieu de 27.03, qui est le chiffre théorique.

La détermination de la densité de vapeur de ce composé par la méthode de Hofmann a donné les résultats suivants :

Substance	0gr,0164
Pression atmosphérique. . .	771mm
Mercure soulevé	748mm
Tension de la vapeur . . .	23mm
Volume de la vapeur . . .	54cc,7
Température	100°

La densité trouvée est 3.44. La densité théorique est 3.43.

L'analyse de ce dérivé a donné les chiffres suivants :

	Substance.	CO_2 trouvé.	C °/₀ trouvé.	C °/₀ calculé.	N °/₀ trouvé.	N °/₀ calculé.
I.	0gr,3291	0gr,7459	61.81	61.87	»	»
II	0gr,2145	0gr,4859	61.77			
III.	0gr,1472	»	»	»	14.51	14 44
IV.	0gr,1738	»	»	»	14.49	

Ce travail a été fait au laboratoire de l'Université de Louvain. Je tiens à remercier mes savants maîtres, MM. les Professeurs Louis et Paul Henry, de la bienveillance qu'ils m'ont témoignée et de tous les conseils dont ils m'ont aidé.

Sur la décomposition de l'oxalate neutre d'ammonium;
par H. Gillot.

L'étude de la décomposition des sels ammoniacaux a déjà fait l'objet de nombreux travaux. La question du déplacement de l'ammoniaque, soit libre, soit combinée sous forme de sels ammoniacaux ou d'amides, a été traitée à divers points de vue par de savants expérimentateurs : Boussingault, Schloesing, Berthelot et d'autres.

La résistance que les divers sels ammoniacaux opposent à l'action décomposante de l'eau, de l'air et des alcalis étant extrêmement variable, il m'a paru intéressant d'étudier la façon dont se comporte vis-à-vis des agents de décomposition un sel à acide organique fort : tel est l'oxalate neutre d'ammonium.

J'ai donc fait sur la décomposition de ce sel quelques observations qui me paraissent de nature à apporter

certains éclaircissements à la question de sa dissociation, essais que je me propose de résumer dans la présente note.

Je montrerai dans la première partie de ces recherches que la régénération de l'ammoniaque de l'oxalate neutre d'ammonium est complète sous l'action de l'eau à la température de l'ébullition, et que l'intensité de cette décomposition diminue rapidement avec la diminution de la température, pour devenir nulle à 50° (dans les conditions de l'expérience, bien entendu).

Dans la deuxième partie, j'exposerai les essais entrepris dans le but d'étudier la décomposition de l'oxalate d'ammonium par l'air, et je montrerai à cette occasion que ni l'air sec, soit à la température ordinaire (19-22°), soit à une température plus élevée (65°), ni l'air humide ne sont capables, même après un temps très prolongé, de provoquer le moindre déplacement de l'ammoniaque du sel.

La troisième partie sera consacrée à l'étude de l'influence de la lumière sur la décomposition des solutions aqueuses d'oxalate d'ammonium. Je parlerai d'abord de la décomposition à l'abri de la lumière, dans l'obscurité complète, décomposition qui n'est pas nulle à la vérité, mais qui est extrêmement faible, même après une durée d'action très prolongée; j'exposerai ensuite les résultats obtenus à la lumière diffuse et à la lumière directe, et je ferai ressortir, sans vouloir en tirer cependant une conclusion trop hasardeuse, la grande influence que la lumière directe du soleil exerce sur le déplacement de l'ammoniaque du sel.

Tel est le point de vue qui m'a guidé dans les recherches que je vais exposer dans cette note.

CHAPITRE PREMIER.

DÉCOMPOSITION DE L'OXALATE D'AMMONIUM PAR L'EAU A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES.

On a opéré à trois températures différentes :

a) A l'ébullition, en maintenant le ballon contenant la solution dans un bain d'huile chauffé à une température uniforme ;

b) A la température de 70° ;

c) A la température de 50°.

1. *Ébullition.*

On a pesé oxalate d'ammonium (*) : 0gr,1510.

Ce poids de sel a été dissous dans trois quarts de litre d'eau environ. Le ballon contenant cette solution a été maintenu dans un bain d'huile chauffé à 130°. On a alors distillé en remplaçant l'eau au fur et à mesure de sa distillation, de façon à maintenir le niveau dans le ballon sensiblement constant.

On a recueilli par portions toutes les demi-heures,

(*) L'oxalate d'ammonium employé dans tous ces essais a donné à l'analyse les résultats suivants : 0gr,200 de sel ont fourni :

		Trouvé.	Calculé pour $C^2O^4(AzH^4)^2 + H^2O$.
		—	—
Ammoniaque	Poids absolu . . .	0gr,04767	0gr,04788
	En centièmes . . .	23.83	23.94
Acide oxalique	Poids absolu . . .	0gr,1255	0gr,1267
	En centièmes . . .	62.75	63.35
Rapport de l'alcali à l'acide.		1 : 2.63	1 : 2.64

l'ammoniaque dégagée étant reçue à mesure sur de l'acide sulfurique titré.

La distillation a duré seize heures; après ce temps, la totalité de l'ammoniaque du sel avait passé dans l'acide titré.

Le tableau suivant montrera les résultats obtenus :

DURÉE de la distillation.	Ammoniaque recueillie par portion.	AMMONIAQUE TOTALE RECUEILLIE	
		En poids absolu.	En centièmes du poids total d'ammoniaque du sel.
	Grammes.	Grammes.	
Après ½ heure (1re portion) .	0,00297	0,00297	8.23
Après 1 heure (2e portion) .	0,00246	0,00543	15.05
Après 1½ heure (3e portion) .	0,00178	0,00721	19.98
Après 2 heures (4e portion) ..	0,00148	0,00869	24.08
Après 2½ heures (5e portion) .	0,00136	0,01005	27.85
Après 3 heures (6e portion) .			
Après 3½ heures (7e portion) .	0,00416	0,01421	39.38
Après 4 heures (8e portion) .			
Après 4½ heures (9e portion) .	0,00059	0,01480	41.01
Après 5 heures (10e portion) .	0,00110	0,01590	44.06
Après 5½ heures (11e portion) .	0,00106	0,01696	47.00
Après 6 heures (12e portion) .	0,00102	0,01798	49.83
Après 6½ heures (13e portion) .	0,00106	0,01904	52.77
Après 7 heures (14e portion) .	0,00102	0,02006	55.59
Après 7½ heures (15e portion) .	0,00093	0,02099	58.17

Comme le dégagement d'ammoniaque semblait se ralentir progressivement, on a élevé la température du bain d'huile de 130 à 140°, ce qui a permis de recueillir encore :

DURÉE de la distillation.	Ammoniaque recueillie par portion.	AMMONIAQUE TOTALE RECUEILLIE	
		En poids absolu.	En centièmes du poids total d'ammoniaque du sel.
	Grammes.	Grammes.	
Après 8 heures (16e portion).	0,00127	0,02226	61.69
Après 8½ heures (17e portion).	0,00127	0,02353	65.21
Après 9 heures (18e portion).	0,00123	0,02467	68.37
Après 9½ heures (19e portion).	0,00127	0,02586	71.39
Après 10 heures (20e portion).	0,00119	0,02696	74.72
Après 10½ heures (21e portion).	0,00114	0,02802	77.10
Après 11 heures (22e portion).	0,00119	0,02912	80.73
Après 11½ heures (23e portion).	0,00106	0,03009	83.42
Après 12 heures (24e portion). Après 12½ heures (25e portion). Après 13 heures (26e portion).	0,00306	0,03315	91.87
Après 13½ heures (27e portion).	0,00093	0,03408	94.45
Après 14 heures (28e portion).	0,00089	0,03497	96.92
Après 14½ heures (29e portion).	0,00085	0,03582	99.27
Après 15 heures (30e portion).	0,00059	0,03641	100.91
Après 15½ heures (31e portion).	0,00053	0,03694	—
Après 16 heures (32e portion).	Zéro.	0,03694	—

Le contenu de la cornue a été analysé et n'a plus fourni trace d'azote; le déplacement de l'ammoniaque a donc été progressif : il était complet au bout de quinze heures et demie dans les conditions de l'expérience (*).

(*) Il m'a paru intéressant de faire quelques observations sur le processus de décomposition de l'acide oxalique devenu libre par suite du déplacement de l'ammoniaque du sel.

a) Ainsi, par exemple, 0gr,110 d'oxalate ont été dissous dans 250 centimètres cubes d'eau. On a distillé en chauffant à feu nu; après trois quarts d'heure d'ébullition, on a recueilli sur l'acide titré :

Ammoniaque : 0gr,00354.

Le contenu du ballon ayant servi à la distillation a été analysé; il a fourni :

Ammoniaque : 0gr,02281
Acide oxalique : 0gr,0580.

La quantité totale (calculée) d'ammoniaque étant de 0gr,02621, on voit que l'on en a retrouvé 0gr,02635 (la différence + 0.00014 est suffisamment faible pour rentrer dans les erreurs d'observation). Les 13.5 centièmes de l'ammoniaque totale avaient donc passé à la distillation

Remarquons que l'ammoniaque et l'acide oxalique restant dans le ballon s'y trouvent dans le rapport de 1 : 2.54, c'est-à-dire à peu de chose près dans le rapport où ces deux éléments se trouvent dans l'oxalate d'ammonium. On peut donc affirmer que l'ammoniaque qui n'a pas passé dans l'acide titré se retrouve dans le ballon et qu'elle s'y trouve sous forme d'oxalate d'ammonium. Quant à l'acide oxalique (0gr,0116) devenu libre par suite de la distillation de l'ammoniaque déplacée, cet acide se décompose à mesure suivant l'équation connue :

$$C^2H^2O^4 = CO^2 + CH^2O^2.$$

b) Dans un autre essai, on a dissous 0gr,2062 de sel dans 150 centimètres cubes d'eau environ; on a maintenu la solution à une douce ébullition au bain de sable, pendant huit heures, en remplaçant à mesure l'eau évaporée, de façon à maintenir le niveau sensiblement constant.

Remarquons que les premières portions recueillies sont les plus chargées d'ammoniaque, puisqu'il a suffi de six heures pour dégager la moitié de la quantité totale, alors qu'il en a fallu quinze et demie pour recueillir la totalité.

Il n'est pas douteux qu'en maintenant la température du bain d'huile à 130°, comme on l'a fait pour recueillir les quinze premières portions, la totalité de l'azote du sel se fût dégagée sous forme d'ammoniaque en prolongeant suffisamment la durée de la distillation; mais si cette température a été portée à 140° à partir de la huitième

---

On n'a pas recueilli l'ammoniaque dégagée, mais on a soumis le contenu du ballon, à la fin de l'expérience, à une analyse attentive. Cette analyse a fourni :

Ammoniaque : 0gr,0315.

Les 0gr,2062 renfermant 0gr,04936 d'ammoniaque, on voit que 0gr.01786 (soit un peu plus de 36 centièmes) ont passé à la distillation. Quant aux dosages d'acide oxalique, ils ont donné :

Acide oxalique libre	: 0gr,0303.
Acide oxalique combiné	: 0gr,0864.
Acide oxalique total	: 0gr,1167.

Ici encore l'acide oxalique combiné et l'ammoniaque se trouvent dans le ballon dans le rapport nécessaire pour former de l'oxalate. Quant à l'acide oxalique libre, il se décompose lentement en acides carbonique et formique. Remarquons que, dans cet essai, la décomposition de l'acide oxalique s'est opérée très lentement, puisqu'on retrouve à l'analyse 0gr,1167 d'acide oxalique total (dont 0gr,0303 d'acide libre) au lieu de 0gr,1306, quantité théorique correspondant à 0gr,2062 de sel; 10 °/o seulement de l'acide oxalique ont donc subi la décomposition.

Néanmoins, comme dans l'essai précédent, toute l'ammoniaque non déplacée se retrouve dans le ballon, combinée uniquement à l'acide oxalique.

heure, c'était dans le but de se rendre compte de l'influence exercée par l'intensité de l'ébullition. La régénération de l'ammoniaque du sel sous l'action de l'eau est donc complète à l'ébullition, et elle est d'autant plus rapide que l'intensité de cette ébullition est plus considérable.

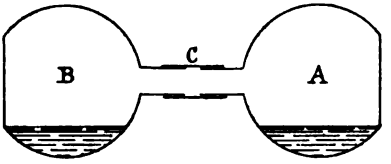


Fig. 1.

2. *Action de l'eau à 70°.*

Comme dans l'essai précédent, l'ammoniaque dégagée a été recueillie sur de l'acide sulfurique titré. On s'est servi dans ce but de l'appareil simple représenté figure 1.

B : ballon de 200 centimètres cubes de capacité, contenant :

$H^2SO^4 \frac{n}{20}$	20 centimètres cubes.
Eau distillée.	20 » »

A : ballon de 200 centimètres cubes, en tout semblable à B, renfermant :

Oxalate d'ammonium . . .	0gr,140
Eau distillée.	40 centimètres cubes.

Les deux ballons B et A ont été reliés par un anneau

en caoutchouc *c*, ce qui a permis de recueillir, sur l'acide titré dans le ballon B, l'ammoniaque dégagée par le sel.

On a préparé simultanément trois groupes, comme il vient d'être dit; les ballons A de chaque groupe ont été soumis, dans un bain-marie, à une température de 70° pendant 117 heures.

Les 0gr,140 d'oxalate renfermaient, d'après dosage :

Ammoniaque . . .	0gr,03325
au lieu de	0gr,03346 qu'indique la théorie.

Premier groupe, examiné après 45 heures :

Ballon B (acide titré)	AzH^3 : 0gr,00067
Ballon A (sel + eau)	AzH^3 : 0gr,03284
Total recueilli (A + B)	AzH^3 : 0gr,03351
La théorie indique	AzH^3 : 0gr,03346

L'atmosphère des ballons (320 centimètres cubes) n'a donc pas retenu de traces d'ammoniaque; celle-ci est donc fixée sur l'acide titré au fur et à mesure de son dégagement.

Le deuxième groupe, analysé après 69 heures, a fourni :

Ballon B (acide titré)	AzH^3 : 0gr,00084
Ballon A (sel + eau)	AzH^3 : 0gr,03247
Total recueilli (A + B)	AzH^3 : 0gr,03331
La théorie donne	AzH^3 : 0gr,03346

Soit ammoniaque de l'atmosphère des ballons : négligeable.

Enfin le troisième groupe, examiné après 117 heures, a donné :

Ballon B (acide titré)	AzH^3 : 0gr,00143
Ballon A (sel + eau)	AzH^3 : 0gr,03213
Total recueilli (A + B)	AzH^3 : 0gr,03356
La théorie donne	AzH^3 : 0gr,03346
Soit ammoniaque de l'atmosphère :	zéro.

Telles ont été, dans les conditions de cette expérience, les quantités d'ammoniaque dégagée par l'action de l'eau à 70° sur l'oxalate d'ammonium. En fait, la décomposition est faible, puisque la quantité d'ammoniaque recueillie sur l'acide titré, après 117 heures, ne correspond qu'à 0gr,0059 de sel décomposé, soit aux 4.21 centièmes du poids total de matière employée.

On remarquera également que l'ammoniaque est fixée par l'acide titré au fur et à mesure de sa régénération, l'atmosphère des ballons n'en retenant pas de traces sensibles.

3. *Action de l'eau à 50°.*

La décomposition a été nulle dans les conditions de l'expérience suivante, même après un temps très prolongé (264 heures).

Le *modus agendi* a été identique à celui de l'essai précédent.

Le poids d'oxalate était de 0gr,1494, correspondant à 0gr,0356 d'ammoniaque.

Après 24 heures de contact à 50°, on a obtenu :

Ammoniaque recueillie sur l'acide titré .	zéro
Ammoniaque de sel non décomposé . .	0gr,03553
La théorie indique.	0gr,03560

Une série de groupes identiques examinés après 72, 120, 192 heures ont fourni des résultats identiques; dans aucun on n'a noté de décomposition.

Enfin le dernier groupe, examiné après 264 heures, a donné :

Ammoniaque recueillie sur l'acide titré .	zéro
Ammoniaque de sel non décomposé . .	0gr,0355
La théorie indique	0gr,0356

L'eau pure, à la température de 50°, n'avait donc pu, dans les conditions de cette expérience, provoquer la régénération de la moindre trace d'ammoniaque du sel.

CHAPITRE II.

L'OXALATE NEUTRE D'AMMONIUM PEUT-IL RÉGÉNÉRER SON AMMONIAQUE SOUS L'INFLUENCE DE L'AIR?

On sait que la simple exposition à l'air peut faire perdre à certains sels ammoniacaux une partie de leur ammoniaque. J'ai donc étudié dans ce chapitre l'influence de l'air sur la décomposition de l'oxalate d'ammonium. Sans doute, le sujet est très vaste. Je me suis borné à l'étude de l'action de l'air sec et de l'air humide; j'ai distingué, en outre, entre l'influence de l'air sec et froid,

c'est-à-dire à la température du laboratoire où j'opérais (19°-21°), et l'influence de l'air sec et chaud (65°). Telle est, rapidement esquissée, la division du présent chapitre.

I. — *Action de l'air sec.*

A. *Air sec et froid.*

J'ai appelé ainsi l'air sec à la température ordinaire du laboratoire (19°-21°).

On a fait deux essais : l'un avec un poids de sel très faible; l'autre avec un poids de sel beaucoup plus considérable.

a) On a pesé : oxalate d'ammonium $0^{gr},669$.

On a fait passer lentement sur le sel, pendant 102 heures, à l'aide d'un dispositif spécial, un courant d'air privé absolument d'humidité.

Le volume total a été de 67 litres, ce qui représente environ un demi-litre d'air par heure.

L'air, après son passage sur le sel, venait barboter dans une solution acide dont le titre eût permis de retrouver $0^{gr},000085$ AzH^3.

A la fin de l'expérience, la solution a été titrée, et l'on n'a pas trouvé trace d'ammoniaque.

L'analyse du sel a, au reste, fourni à la fin de l'expérience :

Ammoniaque. . . .	23.83	
Au lieu de	23.9	qu'indique la théorie.

b) Poids d'oxalate mis en œuvre : $11^{gr},108$.

La composition initiale de ce sel a été trouvée égale à :

$0^{gr},200$ de matière ont fourni :

AzH^3	$0^{gr},0476$
$C^2O^4H^2$.	$0^{gr},1260$
Rapport de l'alcali à l'acide	1 : 2,647

On a fait passer sur le sel, à l'aide d'un dispositif en tout semblable à celui de l'essai *a*, un courant d'air sec d'une façon continue pendant 135 heures. Le volume total de l'air a été de 108 litres, soit donc environ trois quarts de litre par heure. La solution acide dans laquelle l'air a barboté après son passage sur le sel a donné :

Ammoniaque dégagée	zéro.

Pour ne laisser place à aucune incertitude, on a procédé à l'analyse du sel qui a donné, pour $0^{gr},2$ de matière :

AzH^3		$C^2O^4H^2$	
a	*b*	*a*	*b*
$0^{gr},04743$	$0^{gr},04765$	$0^{gr},12528$	$0^{gr},12580$
Moyenne : $0^{gr},04754$		Moyenne : $0^{gr},12554$	

Rapport de l'alcali à l'acide . . .	1 : 2.644
Le rapport était au début	1 : 2.647

La composition n'a donc pas changé : l'air sec à la température ordinaire n'avait pu par conséquent provoquer le moindre déplacement de l'ammoniaque du sel.

B. *Air sec et chaud.*

On a soumis à la température de 65° une série d'ampoules contenant chacune 1 gramme d'oxalate de composition

$$C^2O^4(AzH^4)^2 + H^2O.$$

Après 1 heure 15 minutes, une première ampoule a fourni :

Poids de sel	0gr,892
Soit une perte de poids de. . .	0gr,108

L'analyse du résidu a fourni pour 0gr,892 de matière :

Azote	0gr,18464

La déshydratation complète de l'oxalate hydraté eût exigé, pour 1 gramme de matière :

Perte de poids.	0gr,126

Au surplus, 0gr,892 de sel anhydre eussent dû fournir :

Azote	0gr,20948

On le voit, le produit soumis à l'analyse après une heure et quart correspondait à un état intermédiaire entre le sel hydraté et le sel anhydre.

Après quatre heures, une deuxième ampoule a donné :

Poids de sel	0gr,873
Perte de poids.	0gr,127

Ce résidu a fourni à l'analyse :

Azote	0gr,1981
Soit en centièmes	22.59

La transformation de l'oxalate hydraté en oxalate anhydre eût exigé, pour 1 gramme de matière :

Poids de sel	0gr,874
Perte de poids.	0gr,126

ce résidu renfermant :

Azote	0gr,19733
Soit en centièmes.	22.58

La composition du sel obtenu à la fin correspond donc parfaitement à celle du sel anhydre. On voit aussi que la perte de poids constatée consiste uniquement en une perte d'eau, l'analyse montrant bien qu'il n'y a eu aucun déplacement d'ammoniaque.

Une troisième ampoule ayant subi l'influence de l'air chaud pendant un long temps (292 heures) a fourni :

Perte en poids.	0gr,129
Résidu	0gr,871

ce résidu renfermant :

Azote. .	0gr,1949	Acide oxalique .	0gr,6295

alors que la théorie exige :

Azote. .	0gr,1964	Acide oxalique .	0gr,6034

Le déplacement d'ammoniaque a été par conséquent absolument nul; la seule transformation que l'air sec et chaud fait subir à l'oxalate d'ammonium hydraté est donc une déshydratation avec production d'oxalate anhydre.

II. — *Action de l'air humide.*

Les expériences qui viennent d'être rapportées n'ont trait qu'à l'influence de l'air sec. Examinons maintenant ce qui se passe quand le sel se trouve en présence d'air saturé d'humidité.

Quelques mots d'abord sur le dispositif employé (fig. 2):

B, ballon en verre à large goulot contenant 20 centimètres cubes d'eau distillée;

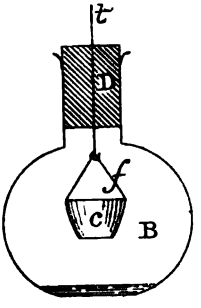


Fig. 2.

c, petit creuset en porcelaine destiné à contenir le sel mis en expérience; ce creuset est suspendu par un fil de platine très fin *f* à une tige de verre *t* traversant le bouchon D, lequel ferme hermétiquement le système.

L'expérience a par conséquent lieu dans une enceinte hermétiquement close.

Voici les données relatives aux expériences.

On a préparé simultanément trois systèmes semblables :

Le premier renfermant $3^{gr},329$ d'oxalate anhydre $(C^2O^4(AzH^4)^2)$;

Le deuxième renfermant $3^{gr},116$ d'oxalate hydraté $(C^2O^4(AzH^4)^2 + H^2O)$;

Enfin un troisième sans sel a été maintenu comme témoin pendant toute la durée de l'expérience dans les mêmes conditions que les deux précédents, en vue de déterminer la part qui revient aux alcalis des ballons dans l'alcalinisation de l'eau distillée que chacun d'eux contient. On verra dans un instant que cette précaution n'était nullement superflue.

L'expérience a duré trois mois et demi, du 27 avril au 7 août. La température moyenne a été de 19-22° C.; jamais elle n'a dépassé 26°.

Après ce temps, on a obtenu dans l'eau distillée ayant séjourné dans les ballons de chaque système :

	1er système : Oxalate anhydre.	2e système : Oxalate hydraté.	3e système : Témoin.
Alcalis évalués en ammoniaque. .	$0^{gr},000085$	$0^{gr},000090$	$0^{gr},000085$

La mise en liberté d'ammoniaque a donc été nulle, la très légère alcalinisation de l'eau pouvant être imputée à l'action des alcalis du verre. Ces chiffres sont au reste tellement faibles qu'on peut les négliger sans qu'il en résulte une erreur appréciable.

Les deux sels ont été analysés séparément; on trouvera les résultats dans les deux tableaux suivants :

Premier système. (Oxalate anhydre.) 0gr,2183 ont fourni :				Deuxième système. (Oxalate hydraté.) 0gr,1746 ont fourni :			
Acide oxalique		Ammoniaque		Acide oxalique		Ammoniaque	
1	2	1	2	1	2	1	2
—	—	—	—	—	—	—	—
0gr,1164	0gr,1149	0gr,04293	0gr,04309	0gr,0919	0gr,0919	0gr,03413	0gr,03397
Moy. : 0gr,1157		Moy. : 0gr,04301		Moy. : 0gr,0919		Moy. : 0gr,03405	

c'est-à-dire que 100 parties de ce sel renferment :		c'est-à-dire que 100 parties de ce sel renferment :	
Acide oxalique	Ammoniaque	Acide oxalique	Ammoniaque
—	—	—	—
53.00	19.70	52.63	19.45

Rapport : $\frac{AzH^3}{C^2O^4H^2} = 1 : 2.69$ Rapport : $\frac{AzH^3}{C^2O^4H^2} = 1 : 2.69$

Rapport théorique : 34 : 90 = 1 : 2.64

Il résulte donc de ces essais :

a) Que la vapeur d'eau n'a pas réagi sur ces sels pour en déplacer l'ammoniaque; le rapport

$$\frac{AzH^3}{C^2O^4H^2}$$

obtenu à la fin se rapproche suffisamment du rapport théorique (différence + 0.04) pour que l'on puisse admettre qu'aucune trace d'ammoniaque n'a été fixée par

l'eau distillée, ni n'est retenue à l'état gazeux par l'atmosphère des ballons;

b) Que chacun de ces sels a absorbé une notable proportion d'eau.

Quelle est cette quantité d'eau absorbée?

a) L'oxalate anhydre renfermait au début pour 100 grammes :

Ammoniaque	27.42
Acide oxalique	72.58
Rapport	1 : 2.64

A la fin, sa composition centésimale a été trouvée égale à :

Ammoniaque	19.70
Acide oxalique	53.00
Rapport	1 : 2.69

Un simple calcul montre que la composition du produit final correspond à celle d'un sel de poids moléculaire 171.15, c'est-à-dire à un sel de composition

$$C^2O^4(AzH^4)^2 + 2.62\ H^2O,$$

lequel renferme, pour 100 grammes :

AzH^3	$C^2O^4H^2$
19.86	52.58

composition qui correspond bien à celle obtenue à la fin. La seule modification que l'oxalate anhydre d'ammonium

ait éprouvée dans ces conditions, est une hydratation; il a absorbé 2.62 molécules d'eau.

b) Quant à l'oxalate hydraté

$$(C^2O^4(AzH^4)^2 + H^2O),$$

qui, au début, renfermait pour 100 grammes :

Ammoniaque	23.94
Acide oxalique	63.38

sa composition centésimale est exprimée à la fin par :

Ammoniaque	19.45
Acide oxalique	53.63

Son poids moléculaire calculé est donc égal à 172.9 ; la quantité d'eau absorbée est de 1.71 molécule et sa formule sera représentée par l'expression

$$C^2O^4(AzH^4)^2 + 2.71\ H^2O.$$

Ce sel renferme en effet pour 100 grammes :

AzH^3	$C^2O^4H^2$
19.66	52.05

ce qui correspond bien avec la composition centésimale du sel mis en expérience.

Le sel a donc absorbé, dans ce cas, 1.71 molécule d'eau.

Remarquons, en terminant, que les deux sels qui, au début de l'expérience, avaient une composition différente par suite de la différence dans leur état d'hydratation, présentent à la fin une composition quasi identique; ils ont absorbé l'un et l'autre une quantité d'eau telle

que leur état d'hydratation est devenu sensiblement le même.

Ces résultats montrent donc que ni l'air sec ni l'air humide n'ont été capables de provoquer la décomposition de l'oxalate d'ammonium.

Cette résistance à l'action décomposante de l'air tend à prouver la stabilité très grande de ce sel, puisque, dans des conditions presque identiques, un grand nombre d'autres sels ammoniacaux à acides divers, tels notamment : l'azotate (*), le monosulfure (**), le sous-phosphate, le bicarbonate d'ammonium (***) et d'autres encore, laissent dégager une grande partie de leur ammoniaque.

CHAPITRE III.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SOLAIRE SUR L'INTENSITÉ DE DÉCOMPOSITION DES SOLUTIONS AQUEUSES D'OXALATE NEUTRE D'AMMONIUM.

Les essais que j'ai exposés dans le chapitre Ier de cette note concordent à montrer que la chaleur, ou plus exactement l'élévation de la température, est capable de favoriser le déplacement de l'ammoniaque des solutions aqueuses d'oxalate d'ammonium. Il m'a paru intéressant, comme complément aux essais qui ont été exposés plus haut, de voir si les énergies lumineuses partagent avec les énergies calorifiques cette propriété décomposante à l'égard de l'oxalate. Les résultats que j'ai obtenus ont été

(*) RAOULT, *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 261.

(**) BINEAU, *Ann. de phys. et de chim.*

(***) MELSENS, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. II, (3), 2, 7. — BERTHELOT et ANDRÉ, *Bull. de la Société chimique*, (2), 47, 830.

positifs : ils tendent à montrer que, de même que l'élévation de la température, l'intensité lumineuse augmente la quantité d'ammoniaque dégagée par le sel (*).

Voici la façon dont l'expérience a été conduite.

On a opéré comparativement sur des solutions placées :

a. A la lumière directe du soleil ;
b A la lumière diffuse ;
c. A l'obscurité.

La quantité de sel mise en œuvre a été de $0^{gr},200$, correspondant à $0^{gr},0478$ d'ammoniaque.

L'acide sulfurique employé pour fixer l'ammoniaque dégagée était de l'acide $\frac{n}{20}$.

L'expérience a commencé le 22 juin; la première série a été examinée le 17 juillet, c'est-à-dire après 25 jours.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

	I. Lumière directe.	II. Lumière diffuse.	III. Obscurité.
	Grammes.	Grammes	Grammes.
a) Ammoniaque recueillie sur l'acide titré	0,00088	0,00025	Zéro.
b) Ammoniaque non déplacée (d'après dosage	0,04684	0,04743	0,04792
Total recueilli (*a* + *b*). .	0,04772	0,04768	0,04792 (théorie : 0,0478)

L'eau seule, sans le concours de la radiation solaire,

(*) La question de la transformation partielle de l'oxalate en carbonate sous l'influence de la lumière a été traitée par Duclaux dans son mémoire sur *L'influence de la lumière solaire sur les substances hydrocarbonées*. (ANNALES DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE.)

n'avait donc pu, après 25 jours, provoquer le moindre déplacement d'ammoniaque.

Spectroscopiquement, la lumière directe et la lumière diffuse ne présentent pas de caractères distinctifs : elles ne se différencient que par leur intensité respective.

Or, on voit que le maximum de décomposition s'observe pour la solution placée à la lumière directe; si donc la décomposition des solutions aqueuses d'oxalate d'ammonium est influencée par la lumière, cette décomposition est d'autant plus notable que l'intensité lumineuse est plus considérable.

Le 6 août, c'est-à-dire 46 jours après le début de l'expérience, une seconde série a donné :

	I. Lumière directe.	II. Lumière diffuse.	III. Obscurité.
	Grammes.	Grammes.	Grammes.
a) Ammoniaque recueillie sur l'acide titré	0,00109	0,00042	0,00021
b) Ammoniaque non déplacée (d'après dosage)	0,04650	0,04715	0,04765
Total recueilli (*a* + *b*). .	0,04759	0,04757	0,04786 (théorie : 0,0478)

La différence entre l'intensité de la décomposition du sel à la lumière directe, à la lumière diffuse et à l'obscurité est donc bien marquée (*).

(*) Un autre essai, fait avec un poids de sel moitié moindre environ, 0gr,122, et avec une durée d'action plus longue, a donné les résultats suivants :

	Lumière directe.	Obscurité.
a) Ammoniaque recueillie sur l'acide titré . .	0gr,00186	0gr,00034
b) Ammoniaque non régénérée	0gr,02788	0gr,02874

Les quantités d'ammoniaque recueillie correspondent aux quantités suivantes de sel décomposé :

Lumière directe.		Lumière diffuse.		Obscurité.	
Poids absolu	En centièmes.	Poids absolu.	En centièmes.	Poids absolu.	En centièmes.
0gr,0046	2.30	0gr,0017	0.85	0gr,0008	0.42

La lumière solaire a donc agi comme le fait l'élévation de la température : elle a favorisé la décomposition.

Remarquons que la radiation solaire n'a pas agi ici comme cause *déterminante,* puisque la réaction *commence* déjà à l'obscurité; ce n'est pas elle qui a accompli le travail préliminaire, comme cela arrive dans certaines réactions chimiques, notamment dans l'oxydation du sulfure de carbone gazeux par l'oxygène.

Elle a simplement agi comme cause *accélératrice* de la réaction; elle a favorisé la dissociation du sel avec mise en liberté d'ammoniaque, de même que, dans un autre ordre d'idées, elle favorise la décomposition de l'eau par le brome avec formation de perbromure d'hydrogène (*).

Il importe, en effet, de toujours faire cette distinction — dans l'état présent de nos connaissances, du moins, — entre l'action *déterminante* et l'action *favorisante* de la lumière quand on veut bien se rendre compte du mécanisme des réactions photo-chimiques.

La durée d'action avait été de 72 jours (du 21 mars au 2 juin); l'intensité d'éclairement avait été assez faible pendant cette période. La conclusion néanmoins est identique à celle de l'essai ci-dessus.

(*) BERTHELOT, *Ann. de phys. et de chim.*, 6e sér., t. XIX, p. 424.

A propos des cirques lunaires; par J. Vincent, météorologiste à l'Observatoire royal.

M. William H. Pickering, dans un article récent (1), décrit des expériences qu'il a faites dans le but de reproduire des cirques lunaires. Il chauffe par en dessous, en un point, un récipient à fond plat, où l'on a laissé se solidifier une couche de paraffine; il imite ensuite sur la partie liquéfiée des effets de marée, au moyen d'un tube muni d'un piston qui aspire et qui rejette alternativement le liquide.

M. William H. Pickering, appliquant ses résultats expérimentaux à la Lune, dit : « As it solidified *the* crust would contract, forming cracks, which would be enlarged at points into circular holes or craters by the hot liquid interior, while the remaining portions of the crack would become filled with fluid from the interior, which would slowly harden and become part of the continuous surface. We have an illustration of this very process arrested in the act, in the case of the great rill of Hyginus, and the small craters distributed along its length. Hyginus is probably a later formation, howewer, as, if the crust had been thin, the process would have been completed, the craters enlarged, and the rill filled up.

---

(1) *Annals of the astronomical Observatory of Harvard College*, vol. 32, pt. 2; reproduction dans *Popular Astronomy*, vol. VIII, nos 3 et 4.

. VINCENT, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nos 9-10, p. 769, 1900.

» When the process first began, numerous comparatively small holes would form one after other. These holes would continue to enlarge, retaining their circular form, as the hot liquid was forced through them, until the action was stopped by a sufficiently thick crust forming upon the liquid surfaces. »

L'auteur affirme deux fois, dans ce passage de son article, qu'en admettant sur le sol de la Lune des fentes préexistantes et supposant que des émissions de matières liquides soient venues se faire jour en divers points de ces fentes, celles-ci ont dû s'élargir et qu'il a dû se produire des ouvertures circulaires. Il ne rapporte aucune expérience qui aurait donné un pareil résultat. C'est ce qui m'a engagé à en entreprendre une. Je me suis servi d'une feuille carrée de gros fer-blanc, dont les bords ont été relevés d'un demi-centimètre. J'y ai fait fondre de la paraffine. Après refroidissement, j'ai pratiqué au couteau une rainure large de 2 à 3 millimètres. Chauffant alors par en dessous au moyen d'une petite flamme de gaz ou de bec Bunsen, j'ai obtenu presque toujours des cratères qui étaient, non pas circulaires, mais polygonaux, le plus souvent plus ou moins hexagonaux. Le dessin ci-contre représente un des nombreux cratères que j'ai obtenus de cette manière (1).

---

(1) James D. Dana, dans son article *On the Volcanoes of the Moon* (THE AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE AND ARTS, second series, vol. II, november, 1846), a admis qu'une fissure préexistante pouvait avoir une influence sur le contour d'une ouverture se formant dans l'écorce d'une planète, puisqu'il dit (p. 343) : « The circular or slightly elliptical form of the moon's craters is also exemplified to perfection

Si cette expérience contredit l'assertion de M. William H. Pickering rapportée ci-dessus, elle confirme sa théorie de la formation des cratères ou cirques lunaires. En effet, un certain nombre de ceux-ci sont polygonaux, voire hexagonaux. Dans le cas d'un cirque hexagonal, il arrive que deux sommets opposés sont situés sur un même méridien; l'enceinte montre parfois une tendance à s'ouvrir en ces deux points, et alors la ressemblance avec les cirques artificiels, tels que je les ai obtenus, est encore plus grande.

En examinant les régions de la Lune qui avoisinent les cratères polygonaux, on peut remarquer souvent que certains éléments de ces derniers montrent une relation d'orientation avec les grands accidents de terrain, ce qui tend à faire admettre que ces accidents ont, comme dans les expériences que j'ai faites, influé sur la disposition des éléments des cratères. Plusieurs planches de l'ouvrage de J. Nasmyth et J. Carpenter, *The Moon* (second edition, London, 1874), sont très instructives sous ce rapport. Les atlas photographiques peuvent aussi être consultés à ce point de vue (1); mais il ne faut pas oublier que, s'ils

---

[aux îles Hawaii]. For the lakes of Kilauea have this shape; and although the pit itself is oblong, owing to its situation on a fissure, other large though extinct pit craters of Mount Loa are quite as regularly circular in form. Some are twins; that is, are made up of two or three coalescing circles. »

(1) Les personnes qui n'ont pas à leur disposition les grands atlas publiés par M. Weinek et par MM. Lœwy et Puiseux, pourront recourir à la réduction de celui de ces derniers astronomes qui est en cours de publication dans le *Bulletin de la Société belge d'astronomie.*

sont d'une inimitable exactitude en ce qui concerne la disposition d'ensemble du relief lunaire, ils ne fournissent pas toujours tous les détails que découvre l'œil de l'astronome.

Copernic est hexagonal (1). Les coulées qui l'entourent immédiatement ont une orientation nord-sud.

Archimède et Aristote offrent aussi cette dernière particularité.

Eudoxe est hexagonal et une de ses diagonales court suivant un méridien.

Triesnecker est également hexagonal; une de ses diagonales est également orientée nord-sud; à côté de lui un système de fentes et de chaînes de montagnes a la même orientation.

Campanus est polygonal. Le rempart a une pointe dirigée vers le sud; il est prolongé vers le nord et vers le sud par des chaînes montagneuses.

Hérodote a, de même, des montagnes de prolongement dirigées vers le nord et vers le sud. Aristarque se prolonge vers le nord. Il existe près de ces deux cirques des systèmes de montagnes parallèles à l'axe méridien.

Ptolémée est très nettement hexagonal. L'axe méridien coïncide avec la direction d'un système de rainures parallèles.

Albategnius est également hexagonal.

D'autres cratères donnent lieu à des remarques

---

(1) Thomas Gwyn Elger dit de ce cratère (*The Moon*, London, 1895) : « It is fully 56 miles in diameter, and, though generally described as nearly circular, exhibits very distinctly under high powers a polygonal outline, approximating very closely to an equilateral hexagon. »

analogues, mais il faut convenir pourtant que bien plus nombreux sont ceux qui ont leur rempart circulaire. Ils n'auront, sans doute, pas eu à subir l'influence des accidents géologiques auxquels nous sommes porté à attribuer un rôle dans la formation des cirques polygonaux; ou bien des facteurs différents seront venus s'ajouter à ceux-là et en auront masqué les effets.

17 juillet 1900.

COMITÉ SECRET.

La Classe se forme en comité secret pour prendre connaissance de la liste des candidatures présentées par les sections pour les places vacantes.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Bambeke (*Ch. Van*). Note sur *Lentinus suffrutescens* (Brot.). Friess. Paris, 1900; extr. in-8° (8 p. et 2 pl.).

Dewalque (*G.*). V° Congrès international d'hydrologie, de climatologie et de géologie, Liége, 1898. Sur les variations de la teneur en fer de quelques eaux minérales de Spa. — Comparaison de la température de l'air et de celle d'une source à Spa. Liége, 1900; in-8° (14 p. et 2 pl.).

Errera (*Léo*). Georges Clautriau. Esquisse biographique. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (31 p., portrait).

Malaise (*C.*). État actuel de nos connaissances sur le Silurien de la Belgique. Liége, 1900; in-4°.

Van der Mensbrugghe (*G.*). Sur les phénomènes capillaires. Rapport présenté au Congrès international de physique réuni à Paris en 1900. Paris, 1900; extr. in-8° (25 p., fig.).

Clautriau (*G.*). Nature et signification des alcaloïdes végétaux. (Travail destiné à l'obtention du grade de docteur spécial près la Faculté de médecine de l'Université de Bruxelles, publié après le décès de l'auteur.) Bruxelles, 1900; in-8° (113 p.).

— Les réserves hydrocarbonées de Thallophytes. Paris, 1899; extr. in-4° (12 p.).

— Les installations botaniques et l'organisation agricole de Java et de Ceylan. Ciney, 1899; in-8° (55 p. et 5 pl.).

Lameere (*Aug.*). Manuel de la faune de Belgique, tome II. Insectes inférieurs. Bruxelles, 1900; in-16 (857 p.).

Forir (*H.*). Encore les limons! Bruxelles, 1900; extr. in-8° (3 p.).

Forir (*H.*). Rhynchonella Omaliusi et Rhynchonella Dumonti ont-elles une signification stratigraphique? Liége, 1900; extr. in-8° (17 p.).

Forir (*H.*), *Soreil* (*G.*) et *Lohest* (*M.*). Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique de 1895. Liége, 1900; in-8° (68 p.).

Cornet (*J.*). Limon hesbayen et limon de la Hesbaye. Extrait d'une lettre adressée à M. Lohest. Liége, 1900; extr. in-8° (4 p.).

Lohest (*Max*). De l'origine de la vallée de la Meuse entre Namur et Liége. Liége, 1900; extr. in-8° (13 p.).

Lohest (*M.*) et *Forir* (*H.*). Quelques découvertes intéressantes faites pendant les excursions du cours de géologie de l'Université de Liége. Liége, 1900; extr. in-8° (5 p.).

— Détermination de l'âge relatif des roches dans le massif cambrien de Stavelot. Liége, 1900; extr. in-8° (24 p., 1 fig.).

Bruxelles. *Ministère de l'Agriculture.* Monographie agricole du Pays de Herve, 1900.

Ministère de l'Industrie et du Travail. Les industries à domicile en Belgique : Les industries du tissage du lin dans les Flandres; par Ern. Dubois, vol. II, 1900.

Revue de l'Université de Bruxelles, 5e année, 1899-1900, nos 5-10.

Liége. *Société royale des sciences.* Mémoires, 3e série, tome II, 1900.

— *Institut botanique de l'Université.* Archives, vol. II, 1900.

Louvain. *Université catholique.* Souvenir de la manifestation en l'honneur de M. le Profr Louis Henry (7 juin 1900).

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE.

CARLSRUHE. *Naturwissenschaftlicher Verein.* Verhandlungen, Bände XII und XIII, 1895-1900.

MUNICH. *K. bayer. Akademie der Wissenschaften.* Rede : Rückblick auf die Gründung und die Entwickelung der Akademie im 19. Jahrhundert (Dr Karl A. von Zittel), 1899.

— Ueber die Hülfsmittel, Methoden und Resultate der internationalen Erdmessung (Dr Karl V. Orff), 1899.

BERLIN. *Reichs-Marine Amts.* Die Forschungsreise S. M. S. « Gazelle » in den Jahren 1874 bis 1876 unter Kommando des Kapitän zur See Freiherrn von Schleinitz, Theil I-V. Berlin, 1889-1890 ; 5 vol. in-4°.

— *Centralbureau der internationalen Erdmessung.* Ableitung der Declinationen und Eigenbewegungen der Sterne für den internationalen Breitendienst (Fritz Cohn). 1900; in-4°.

RATISBONNE. *Naturwissenschaftlicher Verein.* Berichte, Heft VII, 1900.

VIENNE. *Verein zur... naturwissenschaftlicher Kenntnisse.* Schriften, Band XL, 1899-1900.

HAMBOURG. *Sternwarte.* Mittheilungen, Nr 6, 1900.

WIESBADE. *Nassauischer Verein für Naturkunde.* Jahrbücher, Jahrgang 53, 1900.

—

Rogers (*Henry-Raymond*). The secrets of the Sun. Buffalo, 1900; in-18 (31 p., portrait).

—

FRANCE.

Rouché (*Eugène*) et *Comberousse* (*Ch. de*). Traité de géométrie, 7e édition. Paris, 1900; in-8° (XLII-674 p.).

Certes (*A.*). Colorabilité élective des filaments sporifères du *spirobacillus gigas* vivant par le bleu de méthylène. Paris, 1900; extr. in-4° (4 p.).

Albert Ier (*Prince souverain de Monaco*). Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, fascicules XIII-XVI. Monaco, 1899-1900; 4 cah. in-4°.

Richard (*Jules*). Les campagnes scientifiques de S. M. S. le prince Albert Ier de Monaco à l'Exposition universelle de 1900. Monaco, 1900; in-8° (140 p.).

Miffre (*Jules*). Nouveau système astronomique. Paris, 1900; in-8° (61 p.).

Lemoine (*Em.*). Comparaison géométrographique de douze constructions déduites de onze solutions d'un même problème. Paris, 1899; in-8° (26 p.).

Baudoüin (*O.*). La pluie artificielle, précédé de considérations sur la nature et l'origine de la chaleur, la lumière et l'électricité. Paris, 1900; extr. in-8° (30 p., fig.).

Lais (*Joseph*). Sur une prérogative du calendrier grégorien. Paris. 1900; extr. in-4° (3 p.).

Rheins (*G.*). Utilisation des fils de retour commun pour l'extension économique des réseaux téléphoniques existants. Dijon, 1900; in-8° (14 p.).

AMIENS. *Société linnéenne*. Annales, 1899, XLIV.

PARIS. *Ministère de l'Instruction publique*. Catalogue général des manuscrits des bibliothèques publiques: Départements, tome XXXVII.

— Les journaux du trésor de Philippe VI de Valois (Jules Viard), 1899; in-4°.

BORDEAUX. *Société linnéenne.* Actes, volume LIV, 1899.

BÔNE. *Académie d'Hippone.* Bulletin, n° 29, 1896-1898.

DOUAI. *Société d'agriculture.* Mémoires, tomes VI et VII, 1895-1899.

DUNKERQUE. *Société des sciences, lettres et arts.* Mémoires, 1899, volume XXXII.

LYON. *Société d'agriculture.* Annales, tome VI, 1898.

—

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES BRITANNIQUES.

Bashforth (*Francis*). A second supplement to a revised account of the experiments made with the Bashforth chronograph, to find the resistance of the air to the application of the results to the calculation of trajectories. Cambridge, 1900; in-8° (44 p.).

Edalji (*Jamshedji*). Reciprocally related figures and the principle of continuity. Ahmedabad, 1900; in-8° (95 p., fig.).

LONDRES. *Royal Observatory, Greenwich.* Observations and results, 1897; 3 vol. in-4°.

LE CAP. *Royal Observatory.* Annals, vol. II, part 2. — A catalogue of 3007 stares for the equinox 1890-1900, from observations made at the observatory. 1898-1899; 2 vol. in-4°.

— Catalogue of 2798 zodiacal stars for the epoch 1900 (David Gill). Londres, 1899; in-8°.

CALCUTTA. *Meteorological Departement.* Rainfal, 1897; in-4°.

MAURITIUS. *Royal Alfred Observatory.* Results of te

magnetical and meteorological observations in 1898. 1900; in-4°.

SYDNEY. *Royal Society of New S. Wales.* Journal and proceedings, vol. XXXIII, 1899.

—

ITALIE.

Cocchi (J.). Discorso per l'inaugurazione del monumento al prof. G. Meneghini, nel campo-santo urbano di Pisa. 11 giugno 1899. Pise, 1900; in-8° (14 p. Reproduction phototypique).

All astronomo G. V. Schiaparelli. Omaggio. 30 giugno 1860-30 giugno 1900. Milan, 1900; in-4° (84 p.).

MILAN. *R. Osservatorio astronomico di Brera.* Osservazioni meteorologiche, 1899 (E. Pini). 1900; in-4°.

NAPLES. *Istituto d'incorragiamento.* Atti, 5e serie, I, 1899; in-4°.

TURIN. *R. Accademia delle scienze.* Memorie, tomo XLIX, 1900; in-4°.

NAPLES. *Zoologische Station.* Zoologischer Jahresbericht für 1899.

MESSINE. *R. Accademia Peloritana.* Atti, anno XIV, 1899-1900. — CCCL anniversario della Universita di Messina. 1900 ;vol. in-4°.

MILAN. *Fondazione scientifica Cagnola.* Atti, XVII, 1898-1899.

—

AMSTERDAM. *Kon. Akademie van Wetenschappen.* Verslag der vergaderingen der wis- en natuurkundige afdeeling, deel VIII. 1900.

UTRECHT. *Physiologisch laboratorium.* Onderzoekingen, vijfde reeks, II, 1. 1900.

—

PAYS DIVERS.

Boehmer (*L.*). Japanische Coniferen nebst allen Synonymen und japanischen Namen. Yokohama, 1900; in-8° (10 p.).

TOKYO. *Earthquake investigation Committee in foreign languages*, n°s 3 and 4. 1900; 2 cah. in-4°.

Hübner (*Emile*). Objetos del comercio ferricio. Madrid, 1900; in-8° (15 p.).

MADRID. *Observatorio astronómico.* Observaciones del eclipse total de sol, del 28 de mayo 1900. 1900; in-8°.

SAN FERNANDO. *Instituto y observatorio de Marina.* Almanaque nautico, 1902.

BUCAREST. *Institut météorologique.* Annales, t. XIV, 1898; in-4°.

— Buletinul lunar, 1899; in-4°.

Glasenapp (*S. de*). Mesures micrométriques d'étoiles doubles, faites à Domkino et à Saint-Pétersbourg. Saint-Pétersbourg, 1899; gr. in-8° (31 p.).

HELSINGFORS. *Finlands geologiska Undersökning.* Beskrifning till kartblades n° 35, 1900; br. in-8° (avec carte).

— *Vetenskaps-Societet.* Ofversigt XL, 1897-1898.

CHRISTIANIA *Norwegisches meteorologisches Institut.* Wol-

ken-beobachtungen in Norwegen 1896-97 (N.-J. Föyn). 1900; in-4°.

Upsal. *Société royale des sciences*. Nova Acta, vol. XVIII, fasc. 2, 1900; in-4°.

Gautier (*R.*). Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant l'année 1898. Genève, 1900; extr. in-8° (46 p.).

Berne. *Commission géologique*. Matériaux pour la carte géologique, livraison IX, 1900; in-4°.

Neuchatel. *Société de géographie*. Bulletin, tome XII, 1900.

— *Société des sciences naturelles*. Bulletin, tome XXVI, 1897-1898. — Table des matières des 4 volumes de mémoires et des 25 premiers tomes du Bulletin (J. de Perregaux). 1899; in-8°.

Genève. *Institut national genévois*. Bulletin, tome XXXV, 1900.

Saint-Gall. *Naturwissenschaftliche Gesellschaft*. Bericht. 1897-1898.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 11.

Séance du 3 novembre 1900.

M. Jos. de Tilly, vice-directeur, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* Fr. Deruyts, *correspondant.*

MM. Ch. Lagrange, directeur de la Classe, le baron Edm. de Selys Longchamps et W. Spring, membres, se sont excusés de ne pouvoir assister à la séance.

CORRESPONDANCE.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, les ouvrages suivants :

La classification décimale de Melvil Dewey appliquée aux sciences géologiques pour l'élaboration de la BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA ; par le Service géologique de Belgique. 1898.

— *La classification décimale de Melvil Dewey complétée pour la partie 549-550 de la* BIBLIOGRAPHIA UNIVERSALIS ; par le Dr G. Simoens, *et appropriée à l'élaboration de la* BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA ; par Michel Mourlon, 2e édition. 1899.

— *Liste des périodiques compulsés pour l'élaboration de la* BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA *dressée d'après la classification décimale;* par le Service géologique de Belgique. 1898.

— BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA. *Répertoire des travaux concernant les sciences géologiques dressé d'après la classification décimale;* par Michel Mourlon et G. Simoens. Série *A* : Publications antérieures à 1896, tomes I et II; série *B*, tomes I-III. 1898-1900. — Remerciements.

M. le Secrétaire perpétuel propose que les plus chaleureux remerciements soient aussi adressés à M. Mourlon et à son collaborateur M. Simoens, pour le service qu'ils ont rendu aux sciences minéralogiques par leurs travaux précités, et surtout pour l'excellence de leur méthode qui permet de trouver immédiatement ce que les chercheurs désirent. (*Applaudissements.*)

— Hommages d'ouvrages :

1° *Projets d'agrandissement d'Anvers, de nouveaux travaux de défense et de port franc ;* par le général Brialmont, avec un atlas de sept grandes planches ;

2° a) *Légende de la carte géologique de la Belgique à l'échelle du 40 000e ;* b) *L'étude des applications est le meilleur adjuvant du progrès scientifique en géologie ;* c) *Sur une dent du gisement du Mammouth en Condroz ;* d) *Allocution prononcée à l'occasion de la mort de M. Victor Dormal ;* par M. Mourlon ;

3° BIBLIOGRAPHIA MEDICA. *Recueil mensuel. Classement méthodique de la bibliographie internationale des sciences médicales*, tome Ier, n° 5 ; par C. Potain et Charles Richet.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Note préliminaire sur les Échinides et les Ophiures de l'Expédition antarctique belge ;* par le Dr René Koehler, professeur à l'Université de Lyon. — Commissaires : MM. Éd. Van Beneden et Léon Fredericq ;

2° *La pression osmotique de la salive sous-maxillaire du Chien ;* par le Dr P. Nolf (travail du laboratoire de physiologie de l'Université de Liége). — Commissaires : MM. Fredericq et Masius ;

3° *Note sur l'hibernation des Chauves-Souris ;* par Hector Rulot (travail du même laboratoire). — Mêmes commissaires ;

4° *La diminuita longevità, la neurastenia, la tuberculosi e diverse altre malattie tremende, derivano da un grava errore della medicina ;* par le professeur François Maltese, à Naples. — Commissaires : MM. Masius et Fredericq ;

5° *Note sur les involutions du quatrième ordre;* par J. Fairon, docteur en sciences physiques et mathématiques de l'Université de Liége. — Commissaires : MM. François Deruyts, Neuberg et Le Paige.

—

M. Louis Henry donne lecture de la motion suivante concernant la Fondation Nobel :

Dans sa séance d'octobre 1900, l'Académie a été informée de la constitution officielle et définitive par le Gouvernement suédois de la Fondation Nobel. On sait que le Dr et Ingénieur Nobel a laissé par testament un capital de plus de 40 millions de francs pour fonder cinq prix, de 200,000 francs chacun, à décerner annuellement, sans distinction de nationalité :

Un pour la physique;

Un pour la chimie;

Un pour la physiologie ou la médecine;

Un pour la littérature;

Un pour la paix.

Notre Classe a été d'avis qu'elle ne pouvait pas insérer, ou plus exactement de ne pas insérer dans son *Bulletin* les statuts et règlements eux-mêmes de cette fondation.

A mon sens, elle a eu raison en cela; mais à mon sens également, elle aurait raison de ne pas se borner, en ce qui concerne cette institution, à la simple constatation, dans son *Bulletin,* de la réception des documents qui la constituent et en règlent le fonctionnement.

L'Académie s'intéresse, dans les limites de sa compétence, à tout ce qui touche au mouvement scientifique, à tout ce qui est de nature à le favoriser et à l'activer.

La Fondation Nobel est, par son incomparable grandeur, un fait sans exemple dans l'histoire des sciences.

Je suis persuadé que notre Classe en est vivement impressionnée. Il me paraît qu'elle agirait avec dignité et selon les convenances de la situation en manifestant les sentiments qu'elle ressent dans cette circonstance.

C'est dans cet ordre d'idées que j'ai l'honneur de lui proposer les deux résolutions suivantes :

1° D'insérer dans son *Bulletin* la déclaration dont voici le texte :

« La Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique, ayant pris connaissance des statuts et règlements de la Fondation Nobel, s'associe aux sentiments d'admiration qu'excite, dans le monde civilisé, cet acte de haute munificence, d'une incomparable grandeur, unique dans l'histoire des sciences.

» Elle s'associe non moins aux sentiments de profonde gratitude qu'éprouve le monde savant envers ce puissant et généreux protecteur du mouvement scientifique et humanitaire.

» Voulant rendre cette déclaration publique et durable, elle décide de la consigner dans le *Bulletin* de ses séances. »

2° De charger son délégué au Comité central de la Fédération des Académies de proposer à ce Comité de voter une déclaration du même genre. (*Applaudissements.*)

La Classe a résolu en même temps que son *Bulletin* renfermera les principaux articles suivants des statuts Nobel qui ont un caractère international, articles qui ont été condensés en une note spéciale par M. le Secrétaire perpétuel.

FONDATION NOBEL.

Le docteur Alfred-Bernhard Nobel, ingénieur (1), par disposition testamentaire en date du 27 novembre 1895, constituée en Statut par le Roi de Suède, Oscar II, le 29 juin 1900, a disposé de la partie réalisable de sa fortune (plus de 40 millions de francs) pour former un fonds dont les intérêts seront distribués annuellement comme récompense à celui ou ceux qui, pendant l'année écoulée, auront rendu les plus grands services à l'humanité. Ces intérêts seront partagés en cinq parties égales, à répartir en cinq prix (de 200,000 francs approximativement chacun) :

1° A celui qui, dans le domaine des sciences physiques, aura fait la découverte ou l'invention la plus importante;

2° A celui qui, dans la chimie, aura fait la découverte la plus importante ou apporté le meilleur perfectionnement;

3° A l'auteur de la plus importante découverte dans le domaine de la physiologie ou de la médecine;

4° A celui qui aura produit l'ouvrage littéraire le plus important dans le sens de l'idéalisme;

[Par le terme littérature, il faut entendre non seulement les ouvrages purement littéraires, mais aussi tout autre écrit ayant par sa forme et son style une valeur littéraire.]

5° A celui qui aura fait le plus ou le mieux pour l'œuvre de la fraternité des peuples, pour la suppression

(1) Né à Stockholm en 1833 et décédé le 10 décembre 1896.

ou la réduction des armées permanentes, ainsi que pour la formation et la propagation des congrès de la paix.

Les prix seront décernés : pour la physique et pour la chimie, par l'Académie royale des sciences de Stockholm (*Vetenskap-Akademien*); pour les travaux de physiologie ou de médecine, par l'Institut médico-chirurgical Carolin de Stockholm; pour la littérature, par l'Académie suédoise de Stockholm (*Svenska-Akademien*) pour la langue et la littérature suédoises; enfin, pour l'œuvre de la paix, par une Commission de cinq membres élus par le Storting norwégien, à Christiania.

« C'est ma volonté expresse, a formulé en même temps M. Nobel dans un testament, que dans l'attribution des prix il ne soit tenu aucun compte de la nationalité, de manière que le prix revienne au plus digne, qu'il soit Scandinave ou non. »

Ne seront admis au concours que les ouvrages imprimés.

Les prix peuvent être décernés en partage à deux ouvrages à mérite égal.

Si le travail récompensé est l'œuvre de deux ou de plusieurs collaborateurs, le prix pourra leur être décerné en commun.

Tout travail dont l'auteur est décédé ne peut pas être l'objet d'un prix; cependant, si la mort est survenue après que la proposition pour une récompense a déjà été présentée dans les formes prescrites, le prix pourra être décerné.

Un ouvrage ne pourra être récompensé, à moins que l'expérience ou un examen compétent n'en ait démontré l'importance prépondérante.

Il appartient à chacune des corporations (lisez institutions) ayant à décerner les prix de décider si le prix peut être attribué aussi à une institution ou à une société.

Pour chaque section de prix suédoise, la corporation compétente désignera un « Comité Nobel », composé de trois ou de cinq membres, qui donnera son avis sur l'attribution du prix. L'examen nécessaire pour l'attribution du prix de la paix sera fait par la Commission du Storting, mentionnée au testament. Les étrangers pourront faire partie des Comités Nobel, sans devoir appartenir à la corporation chargée de décerner le prix.

Pour être admis au concours, il faut être proposé par écrit par une personne qualifiée pour présenter cette proposition. Il ne sera pas tenu compte des demandes adressées par les personnes désirant obtenir un prix elles-mêmes.

Ont qualité pour faire des propositions, les représentants, indigènes ou étrangers, du domaine de civilisation (*sic*) et de science correspondant, conformément aux règlements spéciaux établis par les corporations compétentes.

Le concours annuel porte sur les propositions qui sont parvenues au cours de l'année immédiatement précédente jusqu'à la date du 1er février.

Selon le Statut, la prescription du testament portant que les distributions annuelles des prix devront viser les travaux exécutés « au cours de l'année écoulée », doit être interprétée en ce sens que les objets des récompenses seront les résultats les plus récents de l'activité déployée dans les domaines indiqués par le testament; mais les travaux plus anciens seulement dans le cas où leur importance n'aura été démontrée que dans les derniers temps.

Toute proposition doit être motivée et accompagnée des écrits et autres documents sur lesquels elle est basée.

La fondation a son siège à Stockholm.

La première distribution des prix aura lieu le 10 décembre 1901, jour anniversaire de la mort du fondateur.

A la réunion solennelle de la Fondation, qui a lieu ce jour anniversaire, les corporations ayant à décerner les prix devront faire connaître publiquement leurs décisions, et remettre à chaque lauréat un mandat de la valeur du prix ainsi qu'un diplôme et une médaille d'or portant l'effigie du donateur avec une légende appropriée.

Le lauréat est tenu, à moins d'empêchement, de faire, dans les six mois qui suivront la réunion, une conférence publique ayant pour sujet le travail couronné; cette conférence aura lieu à Stockholm ou, pour le prix de la paix, à Christiania.

Les corporations ou institutions précitées ont le droit d'ériger des institutions scientifiques et autres, afin de s'assurer une assistance pour l'examen qui doit précéder l'attribution des prix, ou de servir, à d'autres points de vue, le but de la Fondation.

Ces institutions et établissements, qui ont fait partie de la Fondation, porteront le titre d' « Institution Nobel ».

RAPPORTS.

Sur l'avis de MM. Van Beneden et Fredericq, le *Bulletin* renfermera une communication du Dr René Koehler, intitulée : *Note préliminaire sur les Échinides et les Ophiures de l'Expédition antarctique belge.*

— Une lettre de M. Achille Brachel sur l'*Emploi du*

nickel pour les paratonnerres, examinée par M. P. De Heen, sera déposée aux archives.

— Sur l'avis de M. Folie, le même dépôt est ordonné pour un *Calendrier perpétuel*, par M. J. Marchal, de Jamioulx.

—

Note sur les cubiques gauches; par M. Stuyvaert.

Rapport de M. F. Deruyts, premier commissaire.

« La note que présente M. Stuyvaert se rapporte principalement aux propriétés métriques des cubiques gauches.

Dans la première partie se trouve la démonstration analytique d'un théorème de M. Reye; mais cette démonstration est faite d'une façon assez longue. Il me semble que l'on pourrait, plus directement, employer la méthode suivante :

L'équation de toute quadrique, passant par six points, est

$$S_2 + \lambda S_2' + \mu S_2'' + \nu S_2''' = 0, \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$S_2'' = 0$, $S_2''' = 0$ étant les équations de deux quadriques passant par la cubique gauche, déterminée par les six points donnés et par une bisécante fixe de cette courbe. Dès lors, les points de rencontre de cette bisécante fixe et des surfaces dont les équations sont (1), seront donnés par les intersections de la même droite avec les surfaces du faisceau,

$$S_2 + \lambda S_2' = 0;$$

ce qui démontre le théorème.

Le théorème de M. Reye permet de généraliser la correspondance de M. Timerding; de là, l'auteur est conduit à une construction simple, et que je crois nouvelle, de la sphère osculatrice en un point de la cubique gauche. Dans la suite, M. Stuyvaert établit diverses propriétés des cubiques qui me semblent dignes d'intérêt. Je ne citerai que deux exemples :

Les cordes qui sont vues d'un point d'une K_3 *sous un angle droit forment une surface du quatrième ordre, et appartiennent à un complexe linéaire.*

Si d'un point d'une cubique gauche on peut mener un trièdre trirectangle de cordes, on en peut mener une infinité, et les plans, déterminés par les extrémités des cordes, passent par un axe fixe.

Dans la dernière partie, l'auteur obtient divers résultats relatifs aux plans normaux des cubiques, ainsi que quelques propriétés déjà connues (ainsi que le reconnaît, du reste, M. Stuyvaert) des réseaux de cubiques.

M. Stuyvaert a fait un usage judicieux, en maints endroits, des propriétés des involutions unicursales, ce qui lui a permis de simplifier bien des démonstrations.

L'intérêt que présente le travail, me semble justifier la proposition que j'ai l'honneur de faire à la Classe, d'en décider l'impression dans ses *Bulletins*. »

MM. J. Neuberg et Le Paige déclarent adhérer aux conclusions du rapport de M. Deruyts. En conséquence, elles sont adoptées par la Classe.

—

Recherches sur la structure de la corne antérieure de la moelle du Lapin par la méthode des injections vitales de bleu de méthylène (communication préliminaire); par le docteur Krause, privat-docent à l'Université de Berlin, et M. Philippson, docteur en sciences naturelles.

Rapport de M. Éd. Van Beneden, premier commissaire.

« Le travail que M. le docteur Krause, privat-docent à l'Université de Berlin, et M. Philippson, docteur en sciences naturelles, ont communiqué à la Classe, est une contribution à la fine anatomie et à la physiologie de la moelle épinière du Lapin. Les auteurs ont eu recours à la méthode au bleu de méthylène pour étudier : 1° la répartition des cellules nerveuses munies de leurs prolongements dendritiques dans la corne antérieure; 2° les neurites avec les collatérales récurrentes; 3° le trajet des fibres des racines postérieures qui, après avoir traversé la corne postérieure, viennent s'épanouir dans la corne antérieure; enfin 4° l'entrée dans la substance grise des collatérales provenant des cordons latéraux et antéro-latéraux et leur terminaison dans la corne antérieure.

Dans un dernier chapitre, ils tirent des faits anatomiques mis en lumière, des conclusions relatives à la manière dont se font les associations des cellules dans la moelle et dont se transmettent les excitations.

Ce travail a été exécuté sous la direction de O. Hertwig.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'en ordonner l'insertion dans le *Bulletin*. Les trois figures qui accompagnent le manuscrit sont indispensables pour l'intelligence du texte. »

M. Fredericq, second commissaire, déclare se rallier aux conclusions du rapport de M. Van Beneden. Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

—

Sur la physiologie de l'épithélium cornéen. Imperméabilité relative à l'oxygène; par G. Bullot.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« L'auteur a transplanté l'œil du Lapin, fraîchement énucléé, dans le péritoine d'un autre Lapin vivant (et dans d'autres milieux appropriés), et a suivi les changements présentés par l'endothélium qui tapisse la face postérieure de la cornée. Il a constaté : la *mort* et la *desquamation* de l'endothélium, au niveau où l'épithélium de la face antérieure de la cornée avait été conservé; la *survie* de l'endothélium, aux endroits où l'épithélium avait été gratté. Les expériences qu'il a instituées le conduisent à attribuer la mort de l'endothélium à un phénomène d'asphyxie. Cette asphyxie, limitée aux régions recouvertes d'épithélium, serait occasionnée par l'obstacle opposé par l'épithélium au passage de l'oxygène du milieu extérieur vers les parties profondes de la cornée, tandis qu'au niveau des parties dénudées, l'endothélium continuerait à respirer librement.

Le fait signalé par l'auteur est des plus intéressants; la théorie mise en avant pour l'expliquer est étayée d'expériences concluantes.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe de voter des remerciements à l'auteur et d'insérer sa note, ainsi que les trois figures et la planche qui l'accompagnent, dans le *Bulletin* de la séance. »

—

Rapport de M. Masius, deuxième commissaire.

« Le travail présenté à la Classe par M. Bullot est la continuation et le complément d'un mémoire qui a été soumis par MM. Bullot et Lor à l'appréciation de l'Académie royale de médecine de Belgique.

M. Bullot confirme, par des expériences nouvelles, nombreuses et intéressantes, les résultats obtenus par eux de l'action nuisible exercée par l'épithélium cornéen sur l'endothélium de la membrane de Descemet de l'œil transplanté; il démontre en outre que cette action consiste dans un obstacle apporté par l'épithélium à l'arrivée de l'oxygène dans la profondeur de la cornée et, par suite, dans la mort de l'endothélium par asphyxie.

Je me rallie aux conclusions du premier commissaire, M. Fredericq. » — Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

—

Sur la marche de l'inversion du saccharose par les acides minéraux dans ses rapports avec la nature et l'intensité des rayons lumineux ; par H. Gillot.

Rapport de W. W. Spring, premier commissaire.

« On sait que le sucre (saccharose) s'intervertit plus rapidement, sous l'influence des acides, quand il est exposé à la lumière que lorsqu'il est dans l'obscurité.

M. H. Gillot a cherché quelles radiations sont les plus actives. A cette fin, il a éclairé, pendant un certain temps, une solution de sucre à l'aide de lumières de couleurs connues et en prenant les précautions nécessaires pour éviter qu'une élévation de la température ne vînt fausser les résultats. Il a constaté que les rayons bleus et violets

accélèrent l'inversion du sucre et que les régions suivantes du spectre ne sont cependant pas inactives.

M. Gillot n'a pas comparé les radiations lumineuses au point de vue *dynamique;* néanmoins son travail ne laisse pas de doute sur le résultat énoncé.

Je propose donc volontiers l'insertion de la note de l'auteur dans le *Bulletin* de la séance. »

M. L. Henry, second commissaire, se rallie volontiers, dit-il, à cette proposition, laquelle est adoptée.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur l'alternance de volatilité dans la série des diamines normales et primaires

$$(H_2N)CH_2 - (CH_2)_n - CH_2(NH_2);$$

par Louis Henry, membre de l'Académie.

C'est assurément un fait étrange et par conséquent remarquable que la relation, constatée dans diverses séries de composés carbonés homologues, entre certaines propriétés et la nature, paire ou impaire, du nombre des atomes de carbone C_n existant dans la molécule aux divers étages de ces séries de carburation.

Dans cet ordre d'idées, j'ai fait connaître précédemment (*) l'*alternance de volatilité* qui existe dans la série

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences, pp. 63-72, 1899).

des *chlorures* des acides gras C_nH_{2n+1} - COCl. La volatilité est une propriété habituellement d'allure régulière. On n'avait jusque-là constaté, en ce qui la concerne, aucun exemple de ce genre de variation.

Je viens en faire connaître aujourd'hui un second qui, pour être moins étendu, ne me paraît pas moins intéressant. Il s'agit des diamines biprimaires et normales $(H_2N)CH_2 - (CH_2)_n - CH_2(NH_2)$ depuis le terme C_2 jusqu'au terme C_8 inclus.

Dans la série des *monoamines* correspondantes C_nH_{2n+1} - $CH_2(NH_2)$, on constate, en ce qui concerne la *volatilité*, une grande régularité. Soit qu'on les compare aux hydrocarbures de même carburation, soit qu'on les compare entre elles, leur point d'ébullition va en s'élevant progressivement. La différence entre les points d'ébullition de deux termes voisins C_n et C_{n+1} va en diminuant à mesure que l'on s'élève dans l'échelle de carburation. Là est la régularité. Il en doit être ainsi. La différence constante, 14, entre les poids moléculaires de deux termes voisins, représente une fraction de poids moléculaire d'un composé d'autant plus faible que celui-ci est lui-même plus considérable.

Les tableaux suivants font apparaître ces relations :

A. — *Hydrocarbures et monoamines.*

$H_3C - CH_3$	Éb.	− 85°	+ 104°
$(H_2N)CH_2 - CH_3$		+ 19°	
$H_3C - CH_2 - CH_3$		− 40°	+ 89°
$(H_2N)CH_2 - CH_2 - CH_3$		+ 49°	

A. — *Hydrocarbures et monoamines* (suite).

$H_3C-(CH_2)_2-CH_3$	Éb.	+ 1°	+ 75°
$(H_2N)CH_2-(CH_2)_2-CH_3$		+ 76°	
$H_3C-(CH_2)_3-CH_3$		+ 57°	66°
$(H_2N)CH_2-(CH_2)_3-CH_3$		+ 103°	

B. — *Monoamines entre elles.*

$(H_2N)CH_2-CH_3$	Éb.	+ 19°	30°
$(H_2N)CH_2-CH_2-CH_3$		+ 49°	27°
$(H_2N)CH_2-(CH_2)_2-CH_3$		+ 76°	27°
$(H_2N)CH_2-(CH_2)_3-CH_3$		+ 103°	

Groupe pair.

C_2. . . $(NH_2)C_2H_5$	Éb.	19°	57°
C_4. . . $(NH_2)C_4H_9$		76°	

Groupe impair.

C_3. . . $(NH_2)C_3H_7$	Éb.	49°	54°
C_5. . . $(NH_2)C_5H_{11}$		103°	

Il n'en est pas tout à fait ainsi dans le groupe des diamines normales et biprimaires C_2 à C_5.

Une régularité générale, quant à la volatilité, s'observe dans ce groupe alors que l'on en compare les termes aux hydrocarbures correspondants :

H_6C_2	Éb.	− 85°	201°	
$H_4C_2(NH_2)_2$		+ 116°		26°
H_8C_3		− 40°	175°	
$H_8C_3(NH_2)_2$		+ 135°		16°
$H_{10}C_4$		+ 1°	159°	
$H_8C_4(NH_2)_2$		+ 160°		17°
$H_{12}C_5$		57°	142°	
$H_{10}C_5(NH_2)_2$		179°		

Le remplacement de H_2 dans le système *terminal* H_3C ... CH_3 par 2 (- NH_2) pour constituer le système terminal nouveau $(H_2N)CH_2$ ... $CH_2(NH_2)$ détermine à chaque étage une élévation considérable dans le point d'ébullition de l'hydrocarbure ; celle-ci va en diminuant à mesure que l'on s'élève plus haut dans l'échelle de carburation. Là est la régularité.

Si l'on compare les diamines entre elles, on constate que leurs points d'ébullition vont en s'élevant graduellement depuis l'étage C_2 jusqu'à l'étage C_5, mais la différence que l'on constate entre deux termes voisins C_n et C_{n+1} est d'un tout autre genre que celle qui existe entre les termes également carbonés dans le groupe des monoamines.

Monoamines.			Diamines.		
$H_5C_2 - NH_2$	Éb. 19°	30°	$H_4C_2-(NH_2)_2$	Éb. 116°	19°
$H_7C_3 - NH_2$	49°	27°	$H_6C_3-(NH_2)_2$	135°	25°
$H_9C_4 - NH_2$	76°	27°	$H_8C_4-(NH_2)_2$	160°(*)	19°
$H_{11}C_5 - NH_2$	103°		$(H_{10}C_5)-(NH_2)_2$	179°	

Dans le groupe des diamines, cette différence est de nature diverse et cette diversité est alternante. Entre un terme *pair* et le terme *impair* suivant, elle est moins considérable qu'entre celui-ci et le terme *pair* qui le suit immédiatement. Cette variation alternante est régulière dans sa valeur. Il résulte de là que la différence entre deux termes équidistants, séparés par $2 - CH_2$, est identique, qu'ils soient d'ailleurs *pairs* ou *impairs*.

Série paire.			Série impaire.		
$H_4C_2 - (NH_2)_2$	Éb. 116°	44°	$H_6C_3-(NH_2)_2$	Éb. 135°	44°
$H_8C_4 - (NH_2)_2$	160°		$H_{10}C_5 - (NH_2)_2$	179°	

Cette variation alternante et régulière dans les points d'ébullition des diamines normales et primaires se traduit par des différences de volatilité fort notables entre étages voisins, alors que l'on compare ces divers groupes de composés, hydrocarbures monoamines et diamines, entre eux.

(*) Desséchée par le sodium. Voir P.-J. Dekkers, *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, t. IX, p. 95 (année 1890).

a) *Monoamines et diamines.*

$H_5C_2 - (NH_2)$	Éb. 19°	97°		
$H_4C_2 - (NH_2)_2$	116°			− 11°
$H_7C_3 - (NH_2)$	49°	86°		
$H_6C_3 - (NH_2)$	135°			− 2°
$H_9C_4 - (NH_2)$	76°	84°		
$H_8C_4 - (NH_2)_2$	160°			− 8°
$H_{11}C_5 - (NH_2)$	103°	76°		
$H_{10}C_5 - (NH_2)_2$	179°			

b) *Hydrocarbures, mono- et diamines.*

H_6C_2	Éb. − 85°		+ 104°	
$H_5C_2 - NH_2$	+ 19°			− 7°
$H_4C_2 - (NH_2)_2$	+ 116°		+ 97°	
H_8C_3	− 40°		+ 89°	
$H_7C_3 - NH_2$	+ 49°			− 3°
$H_6C_3 - (NH_2)_2$	+ 135°		+ 86°	
$H_{10}C_4$	+ 1°		+ 75°	
$H_9C_4 - NH_2$	+ 76°			+ 9°
$H_8C_4 - (NH_2)_2$	+ 160°		+ 84°	

b) *Hydrocarbures, mono- et diamines* (suite).

$H_{12}C_5$	+ 37°		
		+ 66°	
$H_{11}C_5 - NH_2$	+ 103°		+ 10°
		+ 76°	
$H_{10}C_5 - (NH_2)_2$	+ 179°		

On voit ainsi que la seconde substitution de NH_2 à H exerce sur la volatilité une influence différente de la première, et que la différence qui les sépare sous ce rapport est fort différente de valeur aux divers étages C_2, C_3, C_4 et C_5.

Pour bien apprécier ce que présente de spécial, au point de vue de la volatilité, le groupe des diamines normales biprimaires C_2 - C_5, il faudrait pouvoir mettre en regard et le comparer avec un autre groupe de dérivés biprimaires et normaux $XCH_2 - (CH_2)_n - CH_2X$. Malheureusement, il n'en existe pas, du moins je n'en connais aucun constitué aussi de quatre termes à points d'ébullition exactement déterminés. A défaut d'autres, on peut faire état du groupe des paraffines normales $CH_3 - (CH_2)_2 - CH_3$ des étages C_4 à C_7 qui représentent les dérivés biméthylés terminaux des paraffines, normales également, des étages C_2 à C_5.

Représentons $-CH_3$ par Me, un hydrocarbure $CH_3 - CH_2 - (CH_2)_n - CH_2 - CH_3$ devient $(Me)CH_2 - (CH_2)_n - CH_2(Me)$.

Ainsi s'établit la série suivante :

C_2)	$(Me)CH_2 - CH_2(Me)$	Éb. 1°			
			36°		
C_3)	$(Me)CH_2 - CH_2 - CH_2(Me)$	37°			- 4°
			32°		
C_4)	$(Me)CH_2 - (CH_2)_2 - CH_2(Me)$	69°			- 3°
			29°		
C_5)	$(Me)CH_2 - (CH_2)_3 - CH_2(Me)$	98°			

Série paire C_2 - C_4.				Série impaire C_3 - C_5.			
C_2H_4 – $(Me)_2$	Éb.	1°	68°	C_3H_6 - $(Me)_2$	Éb.	37°	61°
C_4H_8 – $(Me)_2$		69°		C_5H_{10} – $(Me)_2$		98°	

Tout ici se présente dans l'ordre ordinaire comme dans le groupe des monoamines normales.

On se demandera évidemment ce qu'il en est de la volatilité dans la série des diamines du genre que je viens d'examiner, au delà de l'étage C_5.

Les éléments manquent aujourd'hui pour résoudre cette question d'une manière certaine. Le terme en C_7, l'*heptaméthylène-amine* $(NH_2)CH_2 - (CH_2)_5 - CH_2(NH_2)$, manque absolument; le terme en C_6, l'*hexaméthylène-amine* $(NH_2)CH_2 - (CH_2)_4 - CH_2(NH_2)$, a été signalé et décrit d'une manière sommaire. Il est permis d'admettre que le point d'ébullition 193°-195° qui lui a été assigné manque d'une suffisante exactitude.

Le terme en C_{10}, la *décaméthylène-amine* $(NH_2)CH_2 - (CH_2)_8 - CH_2(NH_2)$, a été signalé également, mais on n'indique pas son point d'ébullition sous la pression ordinaire. Il ne reste pour asseoir quelques conjectures que les termes en C_8 et en C_9, l'*octo-* et la *nonométhylène-amine*, $(NH_2)CH_2 - (CH_2)_6 - CH_2(NH_2)$ et $(NH_2)CH_2 - (CH_2)_8 - CH_2(NH_2)$, auxquelles on assigne comme points d'ébullition, sous la pression ordinaire, respectivement 238° et 258° (*). On voit que c'est à peu près la différence que l'on constate entre C_2 et C_3 et entre C_4 et C_5. Cette différence, 20°, peut paraître cependant très forte eu égard à celle

(*) Ces chiffres sont extraits de V. v. RICHTER-ANSCHÜTZ (*Organische Chemie*, 9e édition, t. I, p. 347 [année 1900]), où se trouvent consignées toutes les autres indications.

que l'on constate aux étages beaucoup inférieurs C_2 - C_3 et C_4 - C_5. Quoi qu'il en soit, on constate dans les séries paires et impaires, de C_4 à C_8 et de C_5 à C_9, pour deux fois dans chacune d'elles, le système - H_2C - CH_2 - des différences concordantes

Série paire.			Série impaire.		
$H_8C_4 - (NH_2)_2$	Éb. 160°	78°	$H_{10}C_5 - (NH_2)_2$	Éb. 179°	79°
$H_{16}C_8 - (NH_2)_2$	238°		$H_{20}C_9 - (NH_2)_2$	258°	

Ce qui correspond pour chaque système H_2C - CH_2 ajouté, en moyenne, à 39° et 39°,5, au lieu de 44°, différence constatée entre C_2 et C_4, C_3 et C_5.

Cela étant, il est permis de conclure, comme fait vraisemblable, qu'aux étages supérieurs C_6 - C_{10} existent des relations de volatilité analogues à celles constatées aux étages C_2 - C_5, à cette différence près que les modules 19 et 25 sont légèrement atténués.

—

Constatation de quelques faits relatifs aux stratifications dans les tubes à vide et au spectre qu'ils présentent. Conjecture sur le mécanisme de ce phénomène; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Le tube à vide dont nous avons fait usage présente la forme bien connue (fig. 1); le tube *t* avait un diamètre de 3 à 4 millimètres, largeur favorable à l'observation des stratifications.

La continuité ou la discontinuité de la décharge était observée à l'aide d'un miroir tournant à quatre faces faisant environ deux tours à la seconde, et dont l'axe de rotation est disposé parallèlement au tube.

a) Nous avons fait usage d'abord d'une forte bobine d'induction activée par un interrupteur à main, de manière à pouvoir nous rendre compte de l'effet produit par chaque décharge de fermeture ou de rupture considérée isolément. Nous avons remarqué que, dans ces conditions, chaque décharge déterminait une illumination stratifiée du tube. Celle-ci, examinée au miroir tournant, déterminait une longue bande lumineuse divisée par des lignes qui correspondaient aux stratifications.

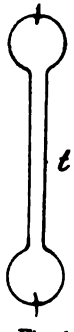


Fig. 1

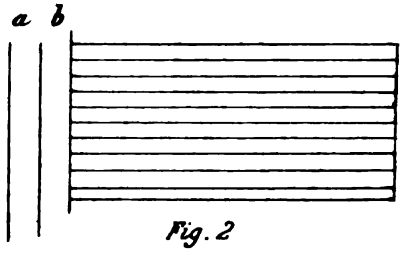


Fig. 2

A côté de ces strates en apparence continues se trouvaient fréquemment deux ou trois images du tube *a*, *b* indiquant des illuminations instantanées.

b) Nous avons fait usage de l'interrupteur de Whenelt fournissant des interruptions extrêmement rapides. Les strates examinés au miroir tournant ont fourni *pour chaque décharge* deux ou trois images des tubes fort élargies *m*, *n* (fig. 3), fréquemment accompagnées d'images (*a*) non élargies et non stratifiées du tube, correspondant à des illuminations instantanées.

c) Chacun des pôles de la bobine (interrupteur à main) était mis en communication avec trois toiles métalliques séparées par deux lames de verre *o* et *o'* (fig. 4), lesquelles se comportant vis-à-vis de l'énergie électrique comme de véritables ressorts, déterminaient à chaque décharge une série d'oscillations.

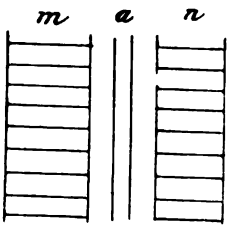


Fig. 3

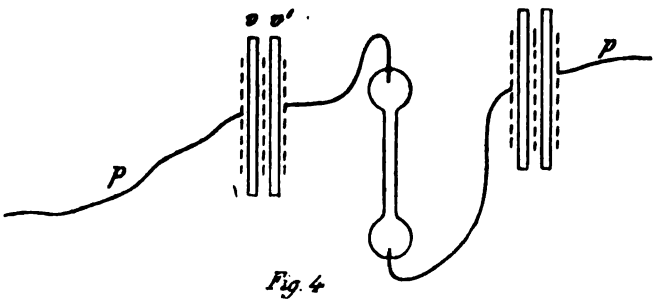


Fig. 4

Le miroir tournant indiquait dans ces conditions que *chaque décharge* de la bobine fournissait une série de décharges alternantes, les unes instantanées et non stratifiées, les autres élargies et stratifiées (fig. 5). L'alternance se reconnaissait aisément à l'illumination des petites

sphères qui se produisait tantôt à la partie supérieure, tantôt à la partie inférieure du tube, ainsi que l'indique la figure 5.

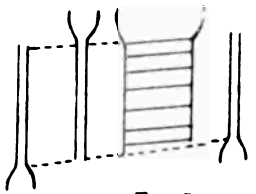


Fig. 5

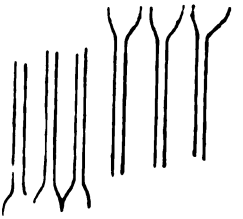


Fig. 6

d) En portant à cinq le nombre des glaces et à six le nombre des toiles métalliques, chaque interruption de la bobine (interrupteur à main) détermine une série de décharges instantanées et toute trace de stratification disparaît. Le miroir tournant nous en offre l'image (fig. 6); c'est-à-dire que chaque interruption de la bobine fournit deux ou trois décharges exécutées dans un sens et deux ou trois décharges exécutées en sens opposé.

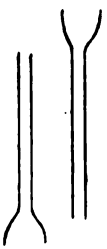


Fig. 7

e) En utilisant l'interrupteur de Whenelt, le nombre des images est plus petit (fig. 7) à chaque interruption, mais le résultat général est le même.

f) Le tube éclairé à l'aide de l'oscillation unipolaire (*) montre deux images alternantes instantanées, avec absence de strates.

(*) Nous avons montré précédemment que si l'on met un des pôles d'une forte bobine en communication avec une toile métallique, celle-ci émet des oscillations électriques à distance, lesquelles sont capables d'illuminer les tubes à vide.

Cette expérience nous montre de plus que cette oscillation est très lente et s'amortit rapidement.

g) La machine de Holtz fournit une succession d'images instantanées très rapprochées, se traduisant par des traits lumineux. Si l'on ajoute un condensateur, ces traits sont plus éloignés. Mais, dans tous les cas, cette instantanéité détermine la disparition des strates.

h) Si l'on interpose une forte résistance (des flammes de Bunsen), les images instantanées sans strates sont fréquemment accompagnées d'images élargies du tube et stratifiées. La réapparition des strates par suite de l'interposition d'une résistance était, du reste, connue.

Deuxième série d'observations.

Cette série d'observations a été exécutée à l'aide d'un miroir unique tournant avec une vitesse de vingt tours à la seconde, soit environ une vitesse dix fois supérieure à la première.

a) Les mêmes caractères se sont maintenus. L'observation faite avec l'interrupteur Whenelt et cinq glaces interposées et qui présentait encore de légères traces de stratifications nous a montré le système de deux tubes à pôles alternants (fig. 7), mais qu'une grande vitesse montrait encore élargis (conséquence de la trace de stratification), bien que incomparablement moins larges que sans interposition de glaces. Dans ces conditions, l'image affectait la forme d'une série de traits horizontaux, comme dans la première expérience.

b) Le tube étant éclairé à l'aide de l'oscillation unipolaire, nous montre les mêmes caractères que l'expérience

précédente ; les strates sont plus atténuées encore et, de même, les images de tubes élargis se montrent moins accentuées. Les deux traits fondamentaux (fig. 7) se dédoublent en un grand nombre de traits verticaux généralement déliés.

c) En portant à dix le nombre des glaces, on obtient le même résultat. Les images tendent de plus en plus à se résoudre en une série de traits verticaux.

d) C'est la machine de Holtz, sans condensateur et sans résistance, qui présente au plus haut degré une série de décharges rapides.

Le tube est absolument exempt de strates et présente au miroir tournant rapide une série de traits verticaux déliés et régulièrement espacés.

La machine de Ramsden détermine les mêmes caractères.

Examen spectroscopique.

Les caractères spectraux présentent la plus étroite analogie avec ceux qui nous sont offerts par le miroir tournant. On peut formuler cette conclusion en disant : A mesure que les décharges deviennent plus instantanées dans le tube, ou, en d'autres termes, à mesure que le miroir tournant nous offre des traits verticaux de plus en plus déliés, nous assistons à la disparition des strates. Dans les mêmes conditions, nous voyons le spectre, à raies brillantes nettement définies, s'effacer progressivement pour faire place à un spectre qui présente de plus en plus les caractères d'un spectre à bandes brillantes.

La série de photographies de spectre d'un tube à

hydrogène (pl. I) montre cette conclusion d'une manière évidente.

De plus, l'effacement des raies se produit dans l'ordre de réfrangibilité, en allant de la partie la plus réfrangible à la partie la moins réfrangible du spectre.

Conclusion générale.

De même qu'une pression gazeuse *continue* appliquée convenablement à un tube provoque la vibration sonore, de même une force électro-motrice appliquée *avec persistance* dans un sens déterminé et sous une tension suffisante, est capable de produire dans un tube à vide une série de nœuds et de ventres comparables à ceux du son.

Si, au contraire, la force électro-motrice capable de vaincre la résistance du tube s'exerce d'une manière instantanée (traits lumineux déliés), l'équilibre dynamique correspondant à la production des nœuds et des ventres n'a pas le temps de s'établir et le tube présente l'aspect laiteux.

Chaque fois que le miroir tournant nous montre un tube élargi, il est accompagné de strates ; s'il n'est pas sensiblement élargi, les strates sont absentes.

Il est vraisemblable que dans les mêmes conditions les atomes n'ont pas le temps de prendre leur état d'équilibre dynamique normal, et c'est la raison vraisemblable pour laquelle le spectre continu ou à bandes tend à se substituer au spectre à raies.

En résumé, 1° *l'élargissement du tube dans le miroir tournant, c'est-à-dire l'accroissement du temps de la décharge;* 2° *l'apparition des strates;* 3° *la disparition du spectre à bandes pour faire place à un spectre à raies nettement accentuées, sont des phénomènes connexes.*

Conjecture sur l'origine des strates.

Abria, dès 1834, émettait l'avis que ces manifestations étaient absolument comparables à celles qui s'observent dans les tubes sonores, opinion qui fut du reste également adoptée par le physicien Grove. C'est en cela que se résume l'idée fondamentale de la théorie de ces tubes. Mais cette pensée ne semble résulter en aucune manière des connaissances que nous possédons jusqu'à présent des phénomènes électriques. Une expérience de Hertz permet même de reconnaître que les stries émises par l'anode se propagent suivant une direction différente de celle du courant. Le vase dans lequel Hertz faisait le vide était de forme rectangulaire (fig. 8). Une aiguille aiman-

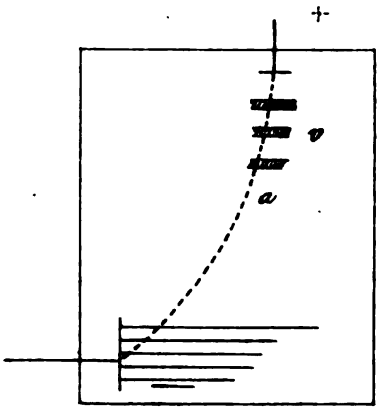


Fig. 8

tée indiquait que le courant se propageait suivant la ligne indiquée en pointillé, tandis que les stries anodiques se propageaient suivant une direction normale à l'un des

Rouge.

Courant direct. Interrupteur à main.

Interrupteur Whenelt. Interposition de 5 glaces.

Oscillation unipolaire.

Machine de Holz, sans condensateur.

côtés. Or, si l'on admet que ces pulsations ont leur origine dans une série de répulsions rythmées que les molécules de gaz éprouveraient en venant en contact avec l'anode, ces répulsions seraient nécessairement accompagnées d'une attraction vers la cathode, et l'ensemble du système vibrant s'incurverait suivant la direction des lignes de force.

Nous pensons que le phénomène n'est pas à proprement parler de l'ordre électrique, mais qu'il en est simplement une conséquence. Rappelons que si l'on considère un foyer d'ébranlement de l'éther, par exemple des aigrettes électriques, tout se passe comme si ces foyers avaient pour effet de produire un *souffle éthéré*.

C'est à ce souffle que nous avons attribué les rayons cathodiques et les rayons Röntgen qui en sont la conséquence.

C'est ce souffle, capable d'entraîner la matière dans son dernier état de division, qui, d'après nous, détermine vraisemblablement l'analogue du phénomène du son dans un tube raréfié.

Sur un mode de détermination de la constante de la précession, indépendant du mouvement systématique; par F. Folie, membre de l'Académie.

Si l'on examine attentivement les formules au moyen desquelles j'ai exprimé l'influence séculaire du mouvement systématique sur le lieu moyen des étoiles (*), on voit immédiatement que cette influence est absolument nulle dans la somme des ascensions droites de deux

(*) *Catéchisme correct d'astronomie sphérique* et *Revision des constantes de l'astronomie stellaire.*

étoiles situées à douze heures d'intervalle, si cette somme est égale à l'ascension droite de l'Apex, abstraction faite des douze heures de différence.

Nous avons admis que cette dernière ascension droite est de 260° = 17 h. 20 m., et nous avons pris, dans la *Nouvelle réduction du Catalogue de Bradley*, par A. Auwers, des couples d'étoiles différant de douze heures exactement (à une demi-minute près) en ascension droite, et compris entre 4 h. 40 m. et 5 h. 55 m. d'une part, 16 h. 40 m. et 17 h. 55 m. d'autre part.

Voici l'énumération de ces couples, au nombre de 42. Nous avons rejeté les étoiles dont le *mouvement propre* atteint 0.01 seconde.

1° Nos 357 + 1869. 2°, 3°, 4° 377, 378, 379 + 1873. 5° 380 + 1874. 6°, 7°, 8° 381 + 1876, 1877, 1878. 9°, 10° 382, 384 + 1880. 11°, 12°, 388 + 1882, 1883. 13° 391 + 1890. 14°, 15° 395, 397 + 1891. 16°, 17°, 399 + 1893, 1894. 18° 400 + 1895. 19°, 20° 401 + 1896, 1897. 21°, 22° 403, 404 + 1899. 23° 405 + 1892. 24°, 25° 410, 411 + 1903. 26° 413 + 1905. 27° 414 + 107. 28° 415 + 1908. 29° 416 + 1909. 30° à 32° 421, 422, 423 + 1910. 33° 1911 + 427. 34° 427 + 1912. 35°, 36° 428, 430 + 1913. 37° 432 + 1915. 38° 433 + 1916. 39° 436 + 1918. 40° 437 + 1921. 41° et 42° 446, 447 + 1925.

Au moyen de la simple formule

$$x = \frac{M + M_1 q}{c + c_1 q},$$

dans laquelle M et M_1 désignent les *mouvements propres*, c et c_1 la précession en ascension droite, q le quotient

$$\frac{\cos \delta_1}{\cos \delta},$$

δ et δ_1 les déclinaisons des deux étoiles, x la fraction dont

doit être corrigée la constante de Struve, nous avons trouvé pour x trente valeurs négatives dont les maxima sont, en 0.0001 : 49, 19, 18, 17 ; douze valeurs positives dont les maxima sont 16, 15, 14.

La moyenne en est

$$x = -0.00048.$$

Si même on réduit de 30 unités la valeur certainement trop forte — 0.0049, la moyenne sera au moins

$$x = -0.0004.$$

Cette correction a une assez grande probabilité, étant donné qu'elle est absolument à l'abri de toute erreur provenant de la négligence du mouvement systématique. Nous n'en calculerons pas l'erreur probable, qui n'a de valeur que dans les résultats déduits d'un très grand nombre d'observations.

La valeur de m adoptée par Auwers est	46.0495 (1755)
En la réduisant des 0.00048, c'est-à-dire de 221, elle devient	46.0274 (1755)
Celle de Bessel est	46.0276 (1755)

Il semble donc que cette dernière constante soit bien préférable à celle de Struve, ce qui est l'avis d'un grand nombre d'astronomes.

Quoi qu'il en soit, une nouvelle détermination, dans laquelle il sera *mathématiquement* tenu compte du mouvement systématique, en est assurément indispensable.

Nous reviendrons sur ce sujet important.

—

Note préliminaire sur les Échinides et les Ophiures de l'Expédition antarctique belge; par le Dr Kœhler, professeur à l'Université de Lyon.

La Commission de la *Belgica* a bien voulu me confier l'étude des Échinides et des Ophiures recueillis par l'Expédition antarctique belge. La note que je publie aujourd'hui a pour but de faire connaître, d'une manière très succincte, les résultats de mes observations, en attendant le mémoire, accompagné de planches, qui paraîtra très prochainement et auquel je renvoie pour la description des espèces nouvelles mentionnées ici.

Je suis heureux de déférer au vœu de la Commission de la *Belgica* en communiquant cette note à l'Académie royale de Belgique.

Les collections qui m'ont été remises ne sont pas très considérables, mais elles offrent en revanche un intérêt tout spécial. En effet, la plupart des échantillons d'Échinides et d'Ophiures rapportés par l'Expédition ont été recueillis pendant la dérive de la *Belgica* dans la banquise, c'est-à-dire dans une région située au delà du 69e latitude sud et qui n'avait encore jamais été explorée au point de vue zoologique. Cette collection constitue donc un ensemble tout à fait unique et d'une importance considérable; il n'est pas surprenant que toutes les espèces recueillies pendant cette dérive soient nouvelles et que deux d'entre elles forment même les types de genres nouveaux.

Les collections ne renferment que deux espèces déjà

connues, un Échinide et une Ophiure, qui ont été capturées à l'extrême pointe de l'Amérique du Sud avant le début de l'Expédition antarctique proprement dite.

ÉCHINIDES.

Les Échinides recueillis par la *Belgica* sont relativement peu nombreux, sinon comme individus, du moins comme espèces. Trois échantillons seulement ont été capturés avant la dérive; ce sont trois *Echinus magellanicus* qui proviennent, le premier de l'île Londondery, le second de l'île Navarin et le troisième du détroit de Gerlache. Tous les autres Échinides, capturés après le 19 février 1898, appartiennent à des espèces nouvelles, dont deux doivent former des genres nouveaux. Les Échinides réguliers sont représentés par un genre nouveau, voisin du genre *Echinus*, et que j'appellerai *Sterechinus*, par un *Goniocidaris* également nouveau et, enfin, par quelques petits spécimens d'un Cidaridé qui doit sans doute se rapporter au genre *Porocidaris*, mais dont aucun ne paraît être adulte. Les Échinides irréguliers ne sont représentés que par un spécimen unique et en bon état d'un genre nouveau, le genre *Amphipneustes*, et par un débri de face dorsale, provenant probablement d'un *Hemiaster* peut-être nouveau, mais insuffisant pour permettre une description.

Le genre *Sterechinus* est très remarquable par la constitution de son appareil apical qui le distingue des vrais *Echinus*, dont il se rapproche par les autres caractères. On peut le caractériser comme un *Echinus* chez lequel le périprocte est très large, l'anneau des plaques génitales et

ocellaires excessivement étroit et dont les plaques coronales sont très hautes et peu nombreuses. L'étroitesse de l'anneau génital donne à l'appareil apical du genre *Sterechinus* un caractère très particulier qu'accentue encore la grandeur du périprocte. Celui-ci se fait, en outre, remarquer par la persistance de la plaque centro-dorsale qu'on observe, au voisinage du centre, comme une plaque parfaitement arrondie et se distinguant par sa taille des plaques voisines. En raison de la largeur des plaques coronales, les zones interambulacraires n'offrent qu'un petit nombre de plaques, et chaque rangée verticale n'en possède pas plus d'une douzaine chez l'adulte.

La *Belgica* a recueilli un certain nombre d'exemplaires de cet intéressant Oursin, que je décrirai sous le nom de *Sterechinus antarcticus*. Le diamètre du test des échantillons varie entre 5 et 34 millimètres. Les piquants primaires sont très longs vers l'ambitus : dans certains exemplaires, ils atteignent une longueur de 2 centimètres, et cela même chez des exemplaires dont le diamètre du test n'est pas supérieur à 15 millimètres. Ces piquants sont blancs et tranchent nettement sur le test qui est gris chez les animaux conservés dans l'alcool. Chez l'animal vivant, le corps était *incarnatus* ou *roseus* très foncé, avec les plaques apicales *violaceus*.

Le *Goniocidaris Mortenseni* n. sp. est moins abondant que l'Oursin précédent; la *Belgica* n'en a capturé que quatre exemplaires et quelques radioles isolés dans différentes stations. Le diamètre du test varie entre 15 et 26 millimètres. Cette espèce diffère des autres *Goniocidaris* connus, surtout par les caractères des piquants primaires dont les plus longs peuvent atteindre 60 millimètres, et qui présentent à la base deux expansions

latérales dont les bords sont garnis de denticulations irrégulières. Ces piquants offrent à leur surface, qui est très finement striée, plusieurs lignes longitudinales de petites aspérités.

Le genre *Amphipneustes* est voisin du genre *Palæopneustes*. Il a le test élevé et conique. Le périprocte est situé sur la face ventrale; le système apical, compact, est formé de plaques très distinctes, avec une plaque madréporique ne dépassant pas les plaques génitales. L'ambulacre antérieur, à fleur du test, ressemble par la disposition des pores aux ambulacres latéraux. La région pétaloïde de ces derniers offre une tendance manifeste à se fermer en dehors. Les pores sont égaux dans chaque paire. Les tubercules primaires sont uniformément répartis sur la face dorsale; il n'y a pas de fasciole.

Le genre *Amphipneustes* diffère du genre *Palæopneustes* par la disposition des pores de l'ambulacre antérieur et la tendance manifeste de la région pétaloïde des ambulacres latéraux à se transformer en vrais pétales. L'absence de fasciole le sépare des *Linopneustes*. Agassiz a déjà indiqué les affinités des *Palæopneustes* avec certains genres fossiles, tels que le genre *Stenonia*. Or le genre *Amphipneustes* offre les mêmes relations, et ses ressemblances avec le *Stenonia* sont encore plus frappantes que chez le *Palæopneustes*, car il a les plaques coronales légèrement renflées comme dans le genre *Stenonia*. La *Belgica* n'a recueilli qu'un seul exemplaire, heureusement en très bon état, de cet Oursin. Le test est couvert de piquants courts, assez réguliers comme longueur. Les dimensions sont les suivantes : longueur, 64 millimètres; largeur, 45 millimètres; hauteur, 38 millimètres.

Je décrirai cet Oursin en détail sous le nom d'*Amphipneustes Lorioli*.

OPHIURES.

A l'exception d'un seul exemplaire d'*Ophiactis asperula* Philippi, provenant de l'île Navarin, toutes les Ophiures de l'Expédition antarctique belge ont été capturées pendant la dérive de la *Belgica* dans la banquise. Ces dernières appartiennent à quatorze espèces différentes qui sont toutes nouvelles et se répartissent en genres de la manière suivante :

Ophioglypha	4	espèces
Ophiocten	2	—
Ophiopyren.	1	—
Ophiopyrgus	1	—
Ophiomastus	1	—
Ophiacantha	2	—
Ophiocamax	1	—
Amphiura	2	—
	14	espèces nouvelles.

Je mentionnerai pour mémoire un très petit spécimen d'une Astrophytonidée indéterminable.

On voit par l'énumération ci-dessus que le genre *Ophioglypha* est assez largement représenté dans les régions explorées par la *Belgica*, mais les individus sont peu abondants. Au point de vue du nombre des spécimens, ce sont les genres *Ophiacantha*, *Amphiura* et *Ophiacamax* qui dominent.

Toutes ces espèces seront étudiées en détail dans mon mémoire; je me contenterai ici de quelques remarques très sommaires sur chacune d'elles.

Les quatre espèces nouvelles d'*Ophioglypha* seront décrites respectivement sous les noms d'*O. frigida, gelida, carinata* et *Döderleini*. Les deux premières se rapprochent de l'*O. inornata* Lyman et l'*O. carinata* offre quelques affinités avec l'*O. saurura* Venill. Quant à l'*O. Döderleini*, elle se distingue des autres espèces du genre par la disposition des plaques dorsales du disque.

Les deux espèces nouvelles d'*Ophiocten* sont caractérisées, l'*O. dubium* par l'absence de papilles radiales et le nombre élevé des piquants brachiaux, et l'*O. megaloplax* par la taille des plaques dorsales du disque.

Les *Ophiopyren regulare*, *Ophiopyrgus australis* et *Ophiomastus Ludwigi* sont intéressantes comme appartenant à des genres dont on ne connaît encore qu'un petit nombre d'espèces. L'*O. regulare* porte deux piquants brachiaux, et le disque, qui n'est qu'incomplètement recouvert de granules, offre des plaques très distinctes. L'*Ophiopyrgus australis* se fait remarquer par la grandeur des plaques brachiales dorsales et l'*Ophiomastus Ludwigi* par les dimensions considérables de la plaque centrodorsale.

L'*Amphiura Belgicæ* a été trouvée dans plusieurs stations. C'est une espèce de grande taille dont le diamètre du disque atteint 13 millimètres; les bras sont très longs et robustes, et portent quatre gros piquants par article. Les caractères de cette espèce sont très tranchés.

L'*Amphiura polita* est une espèce de taille moyenne dont les bras, longs et minces, sont munis de cinq piquants; il y a trois papilles buccales et deux petites écailles tentaculaires.

Le genre *Ophiacantha* est représenté par deux espèces qui comprennent chacune plusieurs spécimens. L'*O. an-*

tarctica se range dans le groupe *Ophiectodia* de Verrill, auquel appartiennent les *O. spectabilis, enopla* et *rosea*; elle se distingue de ces espèces, entre autres caractères, par ses plaques brachiales dorsales munies de petits piquants. L'*O. polaris* appartient au groupe *Ophiolimna* de Verrill, qui ne comprenait jusqu'à maintenant que l'*O. Bairdi*, dont l'espèce antarctique diffère par le nombre moins élevé des piquants brachiaux et par l'absence de piquants sur la face dorsale du disque.

Enfin, la *Belgica* a capturé dans différentes stations une *Ophiocamax* de très grande taille qui se rapproche des *O. austera* et *fasciculata*. Le diamètre de son disque peut atteindre jusqu'à 3 centimètres et les bras dépassent 20 centimètres. Je décrirai cette espèce sous le nom d'*Ophiocamax gigas*.

Lyon, le 22 octobre 1900.

Notes sur les cubiques gauches; par M. Stuyvaert, professeur à l'Athénée royal de Gand.

Nous exposons ci-après quelques propriétés des cubiques gauches en général.

Au début du paragraphe I, nous donnons une démonstration analytique d'un théorème de M. Reye. L'usage que nous faisons ensuite de ce théorème pour généraliser une correspondance due à M. Timerding et pour construire la sphère osculatrice, nous paraît nouveau.

Nous appliquons, dans le paragraphe II, une méthode et des résultats de M. F. Deruyts pour calculer la classe de l'enveloppe des plans qui coupent, en six points

d'une conique, deux courbes du troisième ordre ou une du sixième.

Le paragraphe III contient quelques propriétés, peut-être nouvelles, des cordes d'une cubique vues d'un point de la courbe sous un angle droit et des ternes de cordes trirectangulaires qu'on peut mener de certains points de la cubique gauche.

M. Reye écrivait, en 1890, que l'on ne connaissait presque rien des plans normaux; notre paragraphe IV renferme quelques considérations relatives à ces plans.

Enfin le paragraphe V concerne une gerbe de cubiques étudiée à fond par MM. Sturm et Heinrichs; nous n'avons pas obtenu de résultat nouveau de quelque importance; toutefois, nous croyons que notre procédé n'a pas été utilisé encore pour cette théorie.

La méthode que nous employons est partout analytique : le calcul est sous-entendu, même quand nous faisons un raisonnement géométrique. Nous avons adopté la représentation la plus simple de Möbius et Cremona ; rappelons d'abord la notation.

Soient

$$x_1 : x_2 : x_3 : x_4 = \omega^3 : \omega^2 : \omega : 1$$

les équations paramétriques d'une cubique gauche; A le point ayant pour paramètre $\omega = 0$, pour coordonnées $x_1 = x_2 = x_3 = 0$, pour tangente AB($x_1 = x_2 = 0$), pour plan osculateur ABD($x_1 = 0$); C le point $\omega = \infty$, de coordonnées $x_2 = x_3 = x_4 = 0$, dont la tangente CD est représentée par $x_3 = x_4 = 0$ et le plan osculateur BCD par $x_4 = 0$.

$$\Sigma_a \equiv x_2^2 - x_1 x_3 = 0,$$
$$\Sigma_c \equiv x_3^2 - x_2 x_4 = 0,$$
$$H = x_2 x_3 - x_1 x_4 = 0$$

représentent respectivement les cônes de sommets A et C perspectifs à la cubique donnée k_3, et l'hyperboloïde ayant pour génératrices les tangentes AB et CD.

PARAGRAPHE I.

1. *Les quadriques passant par six points fixes sont coupées en des couples de points en involution par toute droite joignant deux points de la cubique gauche déterminée par les six points donnés* (*).

En effet, soit

$$\begin{gathered} S \equiv ax_1^2 + bx_2^2 + cx_3^2 + dx_4^2 \\ + 2gx_2x_3 + 2fx_1x_3 + 2hx_1x_2 + 2lx_1x_4 + 2mx_2x_4 \\ + 2nx_3x_4 = 0 \end{gathered}$$

l'équation d'une quadrique fixe passant par les six points donnés et rapportée à un tétraèdre d'osculation ABCD de la cubique gauche k_3 passant par ces points; représentons, par la même équation à coefficients accentués, une quadrique variable S′ passant par les six mêmes points. Au moyen de la représentation paramétrique, on transforme S et S′ en deux polynômes du sixième degré en ω, dont les racines doivent être les mêmes et, par suite, les coefficients proportionnels, ce qui donne les conditions

$$\frac{a}{a'} = \frac{h}{h'} = \frac{b + 2f}{b' + 2f'} = \frac{g + l}{g' + l'} = \frac{c + 2m}{c' + 2m'} = \frac{n}{n'} = \frac{d}{d'}.$$

(*) Voir Reye, *Annali di matematica*, 2e sér., t. II, p. 130.

En posant

$$\frac{a}{a'} = \frac{1}{k}, \quad b' = bk + \lambda, \quad g' = gk + \mu, \quad c' = ck + \nu,$$

on obtient la forme suivante pour S' :

$$S' = kS + \lambda\Sigma_a + \mu H + \nu\Sigma_c.$$

Soient

$$y(y_1, y_2, y_3, y_4) \quad \text{et} \quad z(z_1, z_2, z_3, z_4)$$

deux points quelconques, réels ou imaginaires, de k_3; un point x de la droite yz est donné par

$$\rho x_i = py_i + qz_i \quad (i = 1, 2, 3, 4);$$

les intersections de la droite yz avec S' sont données par l'équation

$$p^2S'(y) + pq\left(z_1\frac{d}{dy_1} + z_2\frac{d}{dy_2} + z_3\frac{d}{dy_3} + z_4\frac{d}{dy_4}\right)S'(y)$$
$$+ q^2S'(z) = 0.$$

Comme y et z appartiennent aux surfaces Σ_a, H, Σ_c, les fonctions $S'(y)$ et $S'(z)$ se réduisent à $S(y)$ et $S(z)$, et sont indépendantes de λ, μ, γ; donc les couples de valeurs de $p : q$ déterminent des couples de points x d'une involution dans laquelle y et z sont conjugués. Cette démonstration s'applique aux cas où yz est une sécante réelle, idéale ou imaginaire.

Corollaire. — Toute tangente de k_3 détermine une involution dont le point de contact est un point double; donc les plans polaires du point de contact par rapport à toutes les quadriques S' coupent la tangente en un

point fixe; ce point est conjugué harmonique du point de contact relativement aux intersections de la tangente avec chaque quadrique S′ et en particulier avec les couples de faces opposées de l'hexaèdre ayant pour sommets les six points donnés.

2. Les quadriques passant par cinq points quelconques de l'espace, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, déterminent, sur la cubique gauche, des groupes de points d'une involution I_4^6 (*).

Les ternes B_1, B_2, B_3 de points de la courbe qui appartiennent, avec trois points donnés A_1, A_2, A_3, à un même groupe de cette involution, constituent eux-mêmes une involution I_1^3 dont l'axe sera appelé Δ'. A chacun des ternes de points B ainsi obtenus répond, de la même manière, une involution I_1^3 de points A dont l'axe sera appelé Δ.

Les droites telles que Δ et Δ' constituent une congruence, car les coordonnées plückériennes de Δ' sont proportionnelles à des fonctions contenant les paramètres des points A_1, A_2, A_3; l'élimination de ces paramètres donne donc deux relations entre les coordonnées de Δ'.

Les deux droites Δ et Δ' définies ci-dessus appartiennent à cette congruence et sont conjuguées dans une correspondance évidemment réversible.

Un plan contient en général un seul rayon de la congruence; il y a exception pour le plan des trois

(*) Nous avions fait une première rédaction plus élémentaire de cette partie de notre travail; M. Servais nous a suggéré l'idée d'appliquer la théorie des involutions, ce qui nous permet d'utiliser les recherches de M. F. Deruyts sur ce sujet.

contacts d'une quadrique du système tritangente à la cubique gauche.

Toute sécante UV de la cubique gauche rencontre une infinité de droites de la congruence, puisque chaque plan passant par UV en contient une ; parmi ces droites, il n'y en a généralement que deux conjuguées, car il n'y a, en général, qu'une quadrique du système touchant k_3 en U et V, et coupant en outre la courbe en M et N ; les droites conjuguées en question, Δ et Δ', sont dans les plans UVM et UVN.

Il y a exception pour les vingt-quatre sécantes UV telles que la quadrique du système touchant k_3 en U et V est indéterminée (*) ; une telle sécante rencontre une infinité de couples de droites conjuguées.

3. L'étude de la congruence définie ci-dessus serait probablement intéressante, mais difficile. Nous ne considérerons ici que le cas où les cinq points donnés C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 sont dans un plan π ; ils déterminent, dans ce plan, une conique Γ. Supposons d'abord que le plan π coupe la cubique gauche k_3 en trois points distincts X, Y, Z (dont deux peuvent être imaginaires conjugués). Toutes les droites Δ, Δ' sont évidemment dans le plan π, puisque chaque faisceau de quadriques du système comprend une surface dégénérée, formée de π et d'un autre plan. Δ' se déduit de Δ par la correspondance suivante : un côté du triangle XYZ, XY par exemple, coupe Γ en R_1 et R_2 et Δ en S_1 ; soit S_2 le conjugué de S_1 dans l'involution définie par les couples

(*) Voir F. Deruyts, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXV, p. 199 (1898).

X, Y et R_1, R_2; les trois points tels que S_2 sur les trois côtés du triangle XYZ sont sur Δ'. Ceci s'applique à l'hyperbole et à l'ellipse gauche quand π est le plan de l'infini.

Si les points X et Y coïncident, la droite XZ sera encore utilisée comme ci-dessus et la tangente en X fournira pareillement une involution dont X sera un point double. Ceci s'applique au cas de l'hyperbole parabolique quand π est le plan de l'infini.

Une partie des développements du numéro 2 a été donnée par M. Timerding, lorsque les quadriques S′ sont des sphères; le même auteur a donné (*) l'expression analytique de la correspondance (Δ, Δ'), dans le cas des sphères et de l'hyperbole gauche seulement.

Un cas échappe à notre méthode, celui où π est un plan osculateur (ou le cas de la parabole gauche, quand π est à l'infini). Soit alors $x_4 = 0$ l'équation de π. $S' = 0$ et $S = 0$ représentant respectivement une quadrique mobile et une quadrique fixe passant par la conique Γ, on a

$$S' = S + x_4(\alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \alpha_4 x_4).$$

En passant à la représentation paramétrique, on trouve donc, dans toutes les fonctions S′, les mêmes termes en ω^6, ω^5, ω^4; donc si $(\omega_i)_1^6$ sont les paramètres des points où k_3 coupe S′, $\Sigma\omega_i$ et $\Sigma\omega_i.\omega_j$ sont des constantes; si les points ω_1, ω_2, ω_3 sont fixes et si l'on pose

$$s = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3, \qquad s' = \omega_4 + \omega_5 + \omega_6,$$

$$t = \omega_2\omega_3 + \omega_3\omega_1 + \omega_1\omega_2, \qquad t' = \omega_5\omega_6 + \omega_6\omega_4 + \omega_4\omega_5,$$

(*) E. Timerding, *Ueber die Kugeln, welche eine cubische Raumcurve mehrfach oder mehrpunktig berühren.* (Diss. Strasbourg, 1894.)

$s + s'$ et $t + t' + ss'$ sont des constantes; donc, si les plans $(\omega_1\omega_2\omega_3)$ et $(\omega_4\omega_5\omega_6)$ coupent respectivement le plan $x_4 = 0$ suivant des droites Δ et Δ' représentées par

$$u_1x_1 + u_2x_2 + u_3x_3 = 0,$$
$$v_1x_1 + v_2x_2 + v_3x_3 = 0,$$

les équations de la correspondance (Δ, Δ') sont

$$\frac{u_2}{u_1} + \frac{v_2}{v_1} = \text{C}^{\text{te}}, \qquad \frac{u_3}{u_1} + \frac{v_3}{v_1} + \frac{u_2v_2}{u_1v_1} = \text{C}^{\text{te}}.$$

4. M. Sobotka a donné une construction assez compliquée de la sphère osculatrice en un point A d'une cubique gauche (*), en se servant de la géométrie projective. Le même problème est aussi résolu implicitement par la correspondance de M. Timerding. Le corollaire de notre numéro 1 et les raisonnements du numéro 2, dans lesquels on supposera les points A_1, A_2, A_3, B_1 coïncidents en A, nous fournissent une solution dont il suffit de donner l'énoncé.

On construit le plan osculateur α en A et l'on y projette la cubique gauche k_3, d'un de ses points; on mène, en A, le cercle osculateur de la conique obtenue; c'est évidemment le cercle osculateur de la cubique gauche; soit O le centre de ce cercle.

Ensuite on décrit la sphère de centre O et de rayon OA (ou une sphère quelconque passant par le cercle osculateur). En un point C de la courbe k_3 on mène la tangente CD rencontrant en D le plan α, en E le plan polaire

(*) *Wiener Ber.*, t. 104, p. 144.

de C par rapport à la sphère, et l'on détermine le conjugué harmonique F de D par rapport à C et E.

En répétant, avec deux autres points C′ et C″ de k_3, la construction décrite ci-dessus pour C, on obtient deux points F′ et F″ analogues à F. Enfin, le plan mené par A, parallèle au plan FF′F″, coupe la cubique en deux points autres que A, lesquels appartiennent à la sphère osculatrice et achèvent de la déterminer.

PARAGRAPHE II.

5. Soient k_3 et k'_3 deux cubiques gauches n'ayant aucun point commun et d une droite quelconque de l'espace.

Menons, par d et par un point A_1 de k_3, un plan qui rencontre encore k_3 en A_2 et A_3, et qui coupe k'_3 aux points B_1, B_2, B_3. Les cinq points A_2, A_3, B_1, B_2, B_3 déterminent une conique qui peut être réunie à k'_3 par une quadrique; celle-ci coupe k_3 en A_2, A_3 et en quatre autres points A′, A″, A‴, A^{IV}; nous dirons que ces derniers répondent au point A_1 par l'intermédiaire de la construction indiquée.

Cherchons inversement à combien de points A_1 peut répondre un point donné A′ : observons, à cet effet, que l'on peut mener, par A′, un faisceau de surfaces du second ordre contenant k'_3 et coupant k_3 en des groupes de points d'une involution I_1^2; d'autre part, les plans menés par d déterminent sur k_3 des ternes de points d'une involution I_1^3. Ces deux involutions ont huit couples communs (*); l'un de ces couples étant désigné par A_2A_3,

(*) F. Deruyts, *Mémoires de la Société royale des sciences de Liége*, 2e sér., t. XVII, p. 73.

et A_1 étant la troisième intersection de k_3 avec le plan mené par d et A_2A_3, A' répond à A_1; donc A' répond à huit points A_1, tandis qu'il répond quatre points A' à tout point A_1; il y a donc douze coïncidences de points A_1 et A', c'est-à-dire que, *par toute droite de l'espace, on peut mener, en général, douze plans coupant les deux cubiques gauches en six points d'une conique; donc les plans en question enveloppent une surface de douzième classe.*

La surface contient évidemment les sécantes communes aux deux courbes; ces sécantes sont au nombre de dix (*).

6. Supposons que les cubiques gauches k_3 et k'_3 aient un point commun C. Toutes les quadriques passant par k'_3 et par la conique $A_2A_3B_1B_2B_3$ passent par C et, si l'on fait abstraction de ce point, il n'y a que trois points A' répondant à un point A_1. De même les quadriques menées par A' et k'_3 coupent k_3 en C et en des groupes de points d'une involution I'_1; donc A' répond à six points A_1 seulement et la classe de la surface se réduit à neuf, mais il faut y adjoindre les plans passant par C. Un raisonnement analogue s'applique au cas d'un second et d'un troisième point commun à k_3 et k'_3.

Ainsi, *lorsque deux cubiques gauches ont* 1, 2 *ou* 3 *points communs, les plans qui rencontrent ces courbes en six points d'une conique, sans passer par un des points communs, enveloppent une surface de classe* 9, 6 *ou* 3; cette surface contient les cordes communes des courbes, dont le nombre est 6, 3 ou 1 (**).

(*) CREMONA, *Journal für die reine u. angew. Mathem.*, Bd LX, S. 188.

(**) CREMONA, *loc. cit.*

Quand il y a quatre points communs aux deux cubiques, les seuls plans jouissant de la propriété qui nous occupe sont ceux qui passent par un de ces points, car la quadrique menée par k_3' et par la conique $A_2A_3B_1B_2B_3$ ne rencontre la cubique k_3 qu'aux points A_2, A_3 et aux points situés sur les deux cubiques; il n'y a donc plus de points A' répondant à A_1.

Enfin, le même raisonnement montre que si les deux courbes gauches ont cinq points communs, la quadrique menée par k_3' et A_2A_3 contient toute la cubique k_3, et tout plan de l'espace jouit de la propriété considérée; cette propriété est d'ailleurs connue (*).

7. Il est bon d'observer que la question actuelle est plus facile quand on a une courbe gauche rationnelle du sixième ordre au lieu de deux cubiques.

Par quatre points fixes d'une telle courbe, on peut mener ∞^5 quadriques déterminant sur la sextique des groupes de points d'une involution I_3^6; les plans menés par une droite d déterminent sur la même courbe des groupes d'une involution I_1^6; si un plan mené par d rencontre la courbe en six points d'une conique, ceux-ci forment un groupe commun aux deux involutions et réciproquement. Or des groupes pareils existent et sont au nombre de trois (**). Donc les plans qui coupent la courbe en six points d'une conique enveloppent une surface de troisième classe; celle-ci contient évidemment les quadrisécantes de la sextique. L'exemple actuel, de même

(*) Reye, *Zeitschrift für Mathem. und Phys.*, Bd XIII.

(**) F. Deruyts, *Mémoires de la Société royale des sciences de Liége*, 2e sér., t. XVII, pp. 71 et 75.

que la théorie des quadrisécantes (*), montre que l'on ne peut pas, en général, des propriétés d'une courbe gauche du sixième ordre, conclure à celles d'un système de deux cubiques gauches.

PARAGRAPHE III.

8. Les droites joignant des couples de points d'une conique conjugués par rapport à une autre conique enveloppent une troisième conique, et réciproquement les extrémités des cordes d'une conique qui touchent une seconde conique sont conjuguées par rapport à une troisième conique.

Ces propriétés s'étendent, par projection, aux cônes du second ordre.

Par suite, les droites joignant les points d'une cubique gauche, conjugués par rapport à un cône de second ordre Σ dont le sommet A est sur la courbe, sont tangentes à un cône de sommet A. Donc elles engendrent une surface réglée du quatrième ordre ayant la cubique k_3 pour courbe double (**), et elles constituent l'ensemble des sécantes de k_3 appartenant à un complexe linéaire (***).

Cas particulier. — Les cordes qui sont vues, d'un point de k_3, sous un angle droit, forment une surface du quatrième ordre et appartiennent à un complexe linéaire.

(*) F. Deruyts, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXV, n° 4.

(**) Cremona, *Mem. dell' Acad. Bologna*, t. VIII.

(***) Clebsch, *Math. Ann.*, t. II.

Réciproquement, les extrémités des cordes d'une cubique gauche qui appartiennent à un complexe linéaire sont conjuguées par rapport à un cône du second ordre ayant son sommet en un point quelconque de la courbe.

S'il existe un terne de points de k_3 projetés de A suivant les arêtes d'un trièdre autopolaire par rapport au cône Σ, il en existe une infinité, et le complexe est spécial.

La réciproque, d'ailleurs connue, peut s'énoncer : Les ternes de points d'une involution I_1^3 sur la cubique gauche sont projetés, d'un point quelconque de la courbe, suivant des trièdres conjugués par rapport à un même cône du second ordre.

Cas particulier. — Si, d'un point de la cubique gauche, on peut mener un trièdre trirectangle de cordes, on peut en mener une infinité, et les plans déterminés par les extrémités des cordes passent par un axe fixe.

9. Il n'est pas sans intérêt de chercher la relation qui lie les coefficients de l'équation du cône Σ, lorsque le complexe qu'il engendre est spécial. Il suffirait sans doute d'exprimer que le cône Σ_a perspectif à la cubique est harmoniquement circonscrit au cône Σ. Néanmoins nous dirigerons le calcul de manière à trouver en même temps la dépendance du cône Σ et de l'axe du complexe spécial.

Soient

$$k\alpha_x - l\beta_x = 0$$

l'équation du faisceau de plans ayant pour support l'axe du complexe,

$$ax_1^2 + bx_2^2 + cx_3^2 + 2fx_2x_3 + 2gx_1x_3 + 2hx_1x_2 = 0$$

l'équation du cône Σ dont le sommet A a pour coordonnées

$$x_1 = x_2 = x_3 = 0.$$

Représentons, en abrégé, $\alpha_i\beta_j - \alpha_j\beta_i$ par p_{ij}.

1° Le plan du faisceau qui passe par A est donné par l'équation

$$p_{14}x_1 + p_{24}x_2 + p_{34}x_3 = 0;$$

il doit être le plan polaire de la tangente AB $(x_1 = x_2 = 0)$ par rapport à Σ; donc son équation est identique à

$$gx_1 + fx_2 + cx_3 = 0,$$

et l'on a

$$g : f : c = p_{14} : p_{24} : p_{34}.$$

2° Le plan du faisceau qui passe par C$(x_2 = x_3 = x_4 = 0)$ est représenté par l'équation

$$p_{12}x_2 + p_{13}x_3 + p_{14}x_4 = 0;$$

les points, autres que C, où il coupe k_3, déterminent avec A un plan

$$p_{12}x_1 + p_{13}x_2 + p_{14}x_3 = 0,$$

lequel doit être le plan polaire de AC $(x_2 = x_3 = 0)$ et par suite son équation est identique à

$$ax_1 + hx_2 + gx_3 = 0;$$

d'où

$$a : h : g = p_{12} : p_{13} : p_{14}.$$

3° Le plan du faisceau qui passe par B $(x_1 = x_2 = x_4 = 0)$ est donné par l'équation

$$p_{13}x_1 + p_{23}x_2 + p_{34}x_4 = 0;$$

les points ω_1, ω_2, ω_3 où il coupe k_3 sont déterminés par les racines de l'équation

$$p_{13}\omega^3 + p_{23}\omega^2 + p_{43} = 0;$$

le plan polaire d'un de ces points, ω_1,

$$x_1(a\omega_1^2 + h\omega_1 + g) + x_2(h\omega_1^2 + b\omega_1 + f) + x_3(g\omega_1^2 + f\omega_1 + c) = 0$$

doit être identique à

$$x_1 - (\omega_2 + \omega_3)x_2 + \omega_2\omega_3 x_3 = 0;$$

donc on doit avoir

$$\frac{a\omega_1^2 + h\omega_1 + g}{1} = \frac{h\omega_1^2 + b\omega_1 + f}{-(\omega_2 + \omega_3)} = \frac{g\omega_1^2 + f\omega_1 + c}{\omega_2\omega_3};$$

multiplions les termes du second et du troisième rapport, respectivement par ω_1 et -1, et additionnons : le dénominateur s'annule, donc aussi le numérateur, et l'on a

$$h\omega_1^3 + (b - g)\omega_1^2 - c = 0;$$

or cette équation doit avoir les mêmes racines que

$$p_{13}\omega_3 + p_{23}\omega^2 + p_{43} = 0,$$

donc

$$h : b - g : c = p_{13} : p_{23} : p_{34}.$$

Finalement, l'équation du cône cherché est exprimée de la manière suivante au moyen des coordonnées plückériennes p_{ij} de l'axe du faisceau :

$$p_{12}x_1^2 + (p_{23} + p_{14})x_2^2 + p_{34}x_3^2 + 2p_{24}x_2x_3 + 2p_{14}x_1x_3 + 2p_{13}x_1x_2 = 0.$$

La relation identique entre les coordonnées d'une droite,

$$p_{12}p_{34} + p_{13}p_{24} + p_{23}p_{41} = 0,$$

fournit la condition

$$ac - g^2 = bg - hf,$$

à laquelle doivent satisfaire les coefficients d'un cône de sommet A pour qu'il donne naissance à un complexe spécial.

10. Deux surfaces réglées du quatrième ordre ayant une même cubique gauche comme courbe double ont, en général, deux couples de génératrices communes, réelles ou imaginaires conjuguées.

Il y a donc, en général, quatre cordes de k_3 dont les extrémités sont conjuguées par rapport à deux cônes donnés à volonté et ayant leurs sommets sur la courbe.

Cas particulier. — Il y a en général quatre cordes de la cubique qui sont vues, sous des angles droits, de deux points donnés de la courbe.

Considérons à présent tous les cônes ayant pour sommets les points de k_3 et passant par une même conique Γ dans un plan π; soit MN une corde de la cubique. On peut mener une quadrique Q par Γ, M, N, telle que le pôle du plan π soit sur MN. A étant un des points où cette quadrique coupe k_3, M et N sont conjugués par rapport au cône qui projette Γ de A; car en coupant la figure par un plan quelconque mené par MN, il suffira d'appliquer ce théorème : Les droites menées, d'un point d'une conique, aux extrémités d'une corde, coupent harmoni-

quement toute autre corde menée par le pôle de la première.

Réciproquement, le sommet d'un cône du système considéré, par rapport auquel M et N sont conjugués, est toujours sur la quadrique Q.

Donc deux points quelconques de k_3 sont conjugués par rapport à quatre cônes du système.

Cas particulier. — Toute corde de k_3 est vue, sous un angle droit, de quatre points de la courbe. Ceci est d'ailleurs évident : ces quatre points appartiennent à la sphère décrite sur la corde donnée comme diamètre.

11. Reprenons le système de cônes projetant Γ des points de k_3. Tous les plans δ passant par une corde MN marquent, dans le plan π de la conique Γ, un faisceau du premier ordre; les pôles, relatifs à Γ, des rayons de ce faisceau forment une ponctuelle en ligne droite projective au faisceau (δ); d'autre part, les plans δ coupent k_3 en des points d'une ponctuelle projective au même faisceau. Soient p et P deux points homologues des deux ponctuelles, le premier dans π, le second sur k_3. Combien y a-t-il de droites Pp qui sont sécantes de la cubique ?

A un point P de k_3 répond un point p dans π, lequel est aligné sur deux points Q de la cubique. D'un point Q de k_3 on peut mener deux sécantes coupant le support de la ponctuelle (p); à chacune des intersections répond un point homologue P sur la cubique. La correspondance des points P et Q est donc (2,2) et les droites pP qui sont sécantes de k_3 sont déterminées par les coïncidences de points P et Q; donc leur nombre est quatre.

Cas particulier. — Un plan tournant autour d'une

sécante MN de k_3 rencontre la courbe en un point mobile P; pour quatre positions de ce plan, sa normale en P est une sécante de la cubique.

12. Parmi les cônes Σ projetant Γ des points de la cubique gauche, combien y en a-t-il qui engendrent un complexe spécial?

Soient M un point fixe et N un point mobile de k_3. Ces points sont conjugués par rapport à quatre cônes Σ_i de sommets A_i (n° 10); si par MA_i on mène le plan conjugué de A_iMN relativement à Σ_i, ce plan coupe encore k_3 en un point n_i; enfin le plan polaire, relatif à Σ_i, de A_in_i passe par M, A_i et un troisième point P_i de k_3. Cette construction fait correspondre quatre points P à un point N.

Réciproquement, parmi les plans menés par M, P et un point variable A_i de la cubique, il y en a quatre (n° 11) dont le rayon polaire, relatif au cône Σ_i de sommet A_i, coupe encore la cubique en n_i, et le plan conjugué de MA_in_i relatif à Σ_i rencontre encore k_3 en un point N_i, de sorte que la correspondance des points P et N est (4,4) et qu'il y a huit coïncidences.

Donc il y a huit cônes du système qui donnent un complexe spécial.

Cependant, si le plan π coupe la cubique aux sommets d'un triangle conjugué relativement à Γ, tous les cônes du système donnent des complexes spéciaux.

Cas particulier. — Sur toute cubique gauche il y a, en général, huit points d'où l'on peut mener des trièdres trirectangles de cordes; celles-ci déterminent, sur la courbe, des ternes de huit involutions I_1^3. Dans la cubique équilatère, tous les points de la courbe jouissent de la propriété énoncée, et les extrémités des ternes de cordes

trirectangulaires, qu'on peut mener de chacun d'eux, sont situées dans des plans parallèles.

Nous pensons que la dernière partie, au moins, de ce cas particulier est connue.

PARAGRAPHE IV.

13. Soient : $S = 0$ l'équation d'une quadrique quelconque,

$$\alpha_x \equiv \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \alpha_4 x_4 = 0$$

l'équation d'un plan quelconque π, Γ la conique intersection de ce plan et de cette surface.

Une tangente en un point $M(y_i)$ de k_3 a pour équations

$$x_1 y_3 - 2x_2 y_2 + x_3 y_1 = 0,$$
$$x_2 y_4 - 2x_3 y_3 + x_4 y_2 = 0,$$

car ces relations représentent les plans tangents, en M, respectivement aux cônes Σ_a et Σ_c; il y a exception quand M coïncide avec $A(\omega = 0)$ ou avec $C(\omega = \infty)$, car alors ces équations ne représentent plus une droite.

La tangente MT perce le plan π en un point T, dont les coordonnées x sont

$$x_1 : x_2 : x_3 : x_4 = \left\{ \begin{array}{l} \begin{vmatrix} \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ -2y_2 & y_1 & 0 \\ y_4 & -2y_3 & y_2 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} \alpha_3 & \alpha_4 & \alpha_1 \\ y_1 & 0 & y_3 \\ -2y_3 & y_2 & 0 \end{vmatrix} \\ : \begin{vmatrix} \alpha_4 & \alpha_1 & \alpha_2 \\ 0 & y_3 & -2y_2 \\ y_2 & 0 & y_4 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ y_3 & -2y_2 & y_1 \\ 0 & y_4 & -2y_3 \end{vmatrix} \end{array} \right.$$

Les coordonnées courantes étant X_i, le plan polaire de T par rapport à S a pour équation

$$\sum_1^4 x_i \frac{dS}{dX_i} = 0.$$

Il coupe le plan $\alpha_x = 0$ suivant une droite d, et le plan mené par cette droite et par un point P (z_i) est donné par

$$\sum_1^4 x_i \frac{dS}{dX_i} : \sum_1^4 x_i \frac{dS}{dz_i} = \alpha_x : \alpha_z,$$

ou

$$(\mathrm{I})\ \alpha_x \begin{vmatrix} \frac{dS}{dz_1} & \frac{dS}{dz_2} & \frac{dS}{dz_3} & \frac{dS}{dz_4} \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ y_3 & -2y_2 & y_4 & 0 \\ 0 & -y_4 & -2y_3 & y_2 \end{vmatrix} = \alpha_z \begin{vmatrix} \frac{dS}{dX_1} & \frac{dS}{dX_2} & \frac{dS}{dX_3} & \frac{dS}{dX_4} \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ y_3 & -2y_2 & y_4 & 0 \\ 0 & y_4 & -2y_3 & y_2 \end{vmatrix}.$$

Pour simplifier les énoncés, nous supposerons que S soit une sphère et π le plan de l'infini; le plan (dP) est alors perpendiculaire à la tangente MT. Il n'y a d'ailleurs aucune difficulté à étendre les propriétés au cas général.

En remplaçant y_i par ω^{4-i} et négligeant la solution étrangère $\omega = 0$, on voit que l'équation (I) contient le paramètre ω au quatrième degré. Donc les plans perpendiculaires aux tangentes de k_3 abaissés d'un point quelconque P enveloppent un cône de quatrième classe.

14. Géométriquement, ce fait est évident, car le

cône en question projette, de P, la figure polaire réciproque, relative à Γ, de la trace, sur le plan π, de la développable osculatrice à k_3. Cette trace étant du quatrième ordre et de la troisième classe, le cône de sommet P est du troisième ordre et de la quatrième classe. Ses génératrices sont les perpendiculaires abaissées, de P, sur les plans osculateurs à k_3 (ou les parallèles aux binormales de la courbe).

Ce cône a seize plans tangents communs avec celui qui projette la cubique gauche du point P; chacun de ces plans contient une tangente et est perpendiculaire à une autre.

Donc la courbe k_3 a, en général, huit couples de tangentes qui sont vues, du point P, sous un angle dièdre droit.

Les deux cônes considérés ont neuf génératrices communes; donc on peut mener, d'un point P, neuf semi-sécantes perpendiculaires chacune à un plan osculateur.

15. Ayant substitué $\omega^{\delta-i}$ à y_i dans l'équation (I) du numéro 13 et dans les équations de la tangente, si l'on élimine alors le paramètre ω, on a le lieu de la projection orthogonale du point P sur les tangentes de k_3. Ce lieu est une courbe gauche, située évidemment sur la développable osculatrice, et située en outre sur une surface dont l'équation s'obtient de la manière suivante : des équations de la tangente, on peut tirer

$$\omega_i : -2\omega : 1 = \Sigma_a : H : \Sigma_e ;$$

en substituant Σ_a, H, Σ_e à ω^2, -2ω et 1 dans l'équation (I), débarrassée d'abord du facteur ω commun aux

éléments de la troisième ligne des déterminants, on trouve

$$\alpha_x \begin{vmatrix} \frac{dS}{dz_1} & \frac{dS}{dz_2} & \frac{dS}{dz_3} & \frac{dS}{dz_4} \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ \Sigma_e & H & \Sigma_a & 0 \\ 0 & \Sigma_e & H & \Sigma_a \end{vmatrix} = \alpha_z \begin{vmatrix} \frac{dS}{dX_1} & \frac{dS}{dX_2} & \frac{dS}{dX_3} & \frac{dS}{dX_4} \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ \Sigma_e & H & \Sigma_a & 0 \\ 0 & \Sigma_e & H & \Sigma_a \end{vmatrix};$$

Σ_e, H et Σ_a étant du second degré en X_i, cette relation représente une surface du cinquième ordre admettant k_3 comme courbe double. Donc son intersection avec la développable osculatrice, du quatrième degré, se compose de la cubique, comptée quadruple, et d'une courbe dont le degré est $5 \times 4 - 3 \times 4 = 8$.

Les projections orthogonales d'un point sur les tangentes d'une cubique gauche sont donc sur une courbe gauche du huitième ordre.

16. Si P coïncide avec le point de contact M de la tangente donnée (n° 13), on doit remplacer z_i par y_i et l'on obtient l'équation du plan normal :

$$\begin{vmatrix} \alpha_x \frac{dS}{dy_1} - \alpha_y \frac{dS}{dX_1} & \alpha_1 & y_3 & 0 \\ \alpha_x \frac{dS}{dy_2} - \alpha_y \frac{dS}{dX_2} & \alpha_2 & -2y_2 & y_4 \\ \alpha_x \frac{dS}{dy_3} - \alpha_y \frac{dS}{dX_3} & \alpha_3 & y_1 & -2y_3 \\ \alpha_x \frac{dS}{dy_4} - \alpha_y \frac{dS}{dX_4} & \alpha_4 & 0 & y_2 \end{vmatrix} = 0.$$

En passant à la représentation paramétrique et en

supprimant la solution étrangère $\omega = 0$, on a une relation du septième degré en ω. Donc, les plans normaux enveloppent une développable de septième classe, ou bien, par tout point de l'espace on peut mener sept plans normaux à une cubique gauche.

L'équation précédente représente, quand on y regarde les y comme coordonnées courantes, le lieu du point y, tel qu'en le joignant à un point fixe X, la droite ainsi obtenue ait une direction perpendiculaire à la droite polaire du point y relativement au faisceau de quadriques circonscrites à k_3 et contenant la sécante AC. Ce lieu est une surface du troisième ordre. Il y a une infinité double de surfaces pareilles, puisque chacune est déterminée par deux points de la cubique. Toutes ces surfaces rencontrent k_3 en sept points fixes.

17. Le résultat du numéro précédent peut encore s'énoncer : Les pieds des plans normaux concourants d'une cubique gauche sont des groupes d'une involution I_7^7. On peut l'établir facilement de la manière suivante :

Soient P un point fixe de l'espace, M un point de k_3. Le plan mené par P et perpendiculaire à la tangente en M rencontre la cubique en trois points N. Réciproquement, si on joint P à un point N, il y a en général quatre points de k_3 dont les tangentes sont parallèles à un plan perpendiculaire à PN. La correspondance des points M et N est donc (4,3); par suite il y a sept coïncidences ou sept plans normaux par P.

Les plans normaux en trois points M_1, M_2, M_3 se coupent en un point P, d'où on peut mener quatre autres plans normaux; donc chaque groupe de sept points est déterminé par trois d'entre eux.

PARAGRAPHE V (*).

18. Si l'on veut avoir la représentation paramétrique la plus simple de la cubique gauche, celle donc qui a été utilisée jusqu'ici, on doit choisir, pour les coordonnées x_1, x_2, x_3, x_4 d'un point, des fonctions linéaires des distances de ce point aux faces du tétraèdre de référence, distances affectées de coefficients tels que les facteurs numériques disparaissent des équations de la courbe. Mais si l'on veut étudier toutes les cubiques qui touchent, en A et C, les droites AB et CD, et qui osculent les plans ABD et CBD, il faut faire en sorte que les coefficients numériques apparaissent explicitement dans les équations.

Or l'équation la plus générale d'un cône du second ordre, ayant son sommet en A, passant par C, B et tangent au plan ABD le long de AB, est

$$X_2^2 = pX_1X_3,$$

et le cône C passant par A et D, et touchant CBD suivant CD, est de même représenté par

$$X_3^2 = qX_2X_4.$$

En faisant varier p et q, on a toutes les cubiques de la gerbe; l'hyperboloïde déterminé par les tangentes AB et CD a pour équation

$$X_2X_3 = pqX_1X_4.$$

(*) Après coup, nous avons à mentionner, sur ce sujet, une note de M. Döhlemann, *Jahresber. d. Deutschen Mathematiker Vereinigung*, t. III.

La représentation paramétrique est à présent

$$\frac{pX_1}{X_2} = \frac{X_2}{X_3} = \frac{X_3}{qX_4} = \omega, \quad pX_1 : X_2 : X_3 : qX_4 = \omega^3 : \omega^2 : \omega : 1;$$

elle ne diffère de la représentation habituelle plus simple que par la substitution de pX_1, X_2, X_3, qX_4 à x_1, x_2, x_3, x_4.

Elle est, comme nous le verrons par quelques exemples, très propre à l'étude de la gerbe de cubiques, qui fait l'objet de la thèse de géométrie projective de M. Heinrichs (*).

19. La tangente en un point d'une des cubiques, point déterminé par son paramètre ω, est représentée par les équations

$$\begin{aligned} pX_1 - 2\omega X_2 + \omega^2 X_3 &= 0, \\ X_2 - 2\omega X_3 + \omega^2 q X_4 &= 0. \end{aligned}$$

Cette tangente rencontre le plan $X_1 = 0$ en un point pour lequel on a

$$X_2 : X_3 = \frac{\omega}{2},$$

et le plan $X_4 = 0$ en un point pour lequel on a

$$X_2 : X_3 = 2\omega.$$

Le quotient de ces deux rapports étant indépendant de ω, il en résulte que les tangentes aux cubiques de la gerbe coupent les faces du tétraèdre de référence en des groupes de points dont le rapport anharmonique est

(*) E. Heinrichs, *Ueber den Bündel derjenigen kubischen Raumcurven, welche, etc.* (Diss. Munster, 1887.)

constamment égal à un quart. Donc ces tangentes appartiennent à un complexe tétraédral (*).

20. Le plan osculateur en un point de paramètre ω et de coordonnées Y_i à la cubique (p, q) de la gerbe est

$$pX_1 - 3\omega X_2 + 3\omega^2 X_3 - \omega^3 q X_4 = 0$$

ou

$$pq(X_1Y_4 - X_4Y_1) - 3(X_2Y_3 - X_3Y_2) = 0.$$

Si le point Y n'est pas sur la cubique, cette équation est celle de son plan polaire dans le système focal défini par cette cubique. Comme cette équation ne dépend que de pq, on en déduit ces corollaires, d'ailleurs évidents, que toutes les cubiques situées sur le même hyperboloïde pq définissent le même système focal, et que les complexes linéaires définis par les courbes de la gerbe ont en commun la congruence des droites qui s'appuient sur AC et BD.

Si, au contraire, le point Y est sur la cubique (p, q), l'équation du plan osculateur peut s'écrire

$$Y_2Y_3(X_1Y_4 - X_4Y_1) = 3Y_1Y_4(X_2Y_3 - X_3Y_2).$$

C'est l'équation du système focal supérieur considéré par M. Heinrichs et par l'intermédiaire duquel on fait correspondre, à tout point Y, le plan osculateur de la courbe de la gerbe déterminée par ce même point Y.

(*) R. Sturm, *Math. Ann.*, t. XXVI, pp. 465-508. La valeur $^1/_4$ a été donnée par M. Heinrichs, *loc. cit.*

21. Le point conjugué d'un point Y par rapport à la cubique (p, q) est à l'intersection des plans polaires de Y relativement aux trois surfaces

$$X_2^2 = pX_1X_3, \qquad X_3^2 = qX_2X_4, \qquad X_2X_3 = pqX_1X_4.$$

Ces plans polaires sont représentés par

$$\begin{aligned} 2X_2Y_2 &= p(X_1Y_3 + X_3Y_1), \\ 2X_3Y_3 &= q(X_2Y_4 + X_4Y_2), \\ pq(X_1Y_4 + X_4Y_1) &= X_2Y_3 \quad + X_3Y_2. \end{aligned}$$

L'élimination de p et q donne

$$4X_2X_3Y_2Y_3(X_1Y_4 + X_4Y_1) = (X_1Y_3 + X_3Y_1)(X_2Y_4 + X_4Y_2)$$
$$(X_2Y_3 + X_3Y_2).$$

C'est l'équation du lieu des conjugués de Y par rapport aux courbes de la gerbe de cubiques. Ce lieu est une surface de troisième ordre (*).

On voit sans peine que la surface passe par les sommets du tétraèdre de référence, qu'elle contient les arêtes AB, AC, AD, CB, CB, mais non l'arête BD, et qu'elle coupe cette dernière en B, D et en un troisième point séparé harmoniquement de Y par les plans ACB, ACD.

(*) Heinrichs, *loc. cit.* Un théorème analogue a été démontré par M. Reye (*Zeitschrift für Mathem. u. Phys.*, t. XIII), pour la gerbe de cubiques passant par cinq points.

Recherches sur la structure de la corne antérieure de la moelle du lapin, par la méthode des injections vitales de bleu de méthylène (communication préliminaire); par le docteur R. Krause, privat-docent à l'Université de Berlin, et M. Philippson, docteur en sciences naturelles, à Bruxelles.

I. — Introduction.

La méthode au bleu de méthylène injecté dans l'organisme vivant est, pour l'étude de la fine anatomie du système nerveux, celle qui nous promet les plus beaux résultats.

Il nous suffira de rappeler les travaux de Ehrlich, Dogiel, Apathy, Bethe, pour prouver combien cette méthode a déjà été utile à la science.

Le plus grand avantage de ce procédé est d'être basé sur une réaction vitale de la cellule nerveuse. En effet, la solution de bleu de méthylène qui a pénétré dans le système nerveux de l'animal vivant est absorbée et réduite, par la cellule nerveuse elle-même, en un produit moins oxygéné, incolore. A la mort de l'organisme par une véritable intoxication des centres respiratoires, la cellule cède une partie de son oxygène à la solution de bleu de méthylène qui l'imprégnait, et celle-ci redevient bleue. Le molybdate d'ammonium (méthode de Bethe) fixe le colorant en le rendant moins soluble dans l'eau et, finalement, dans le xylol, une dernière oxygénation renforce encore la coloration bleue des cellules.

Cette méthode donne des coupes montrant admirablement les groupes des cellules avec tous leurs prolongements dendritiques, les neurites avec leurs collatérales récurrentes, les fibres de la racine postérieure sensible qui ont traversé la corne postérieure et viennent s'épanouir dans la corne antérieure; en dernier lieu, on peut très bien étudier l'entrée dans la substance grise des collatérales provenant des cordons latéraux et antéro-latéraux, et leur terminaison autour des cellules de la corne antérieure.

Les préparations montrent, en outre, ces différentes structures d'une manière moins éparse et sans les précipités qui déparent le plus souvent les préparations de Golgi.

Nous allons passer en revue les différents objets que nous venons d'énumérer, et nous essaierons de tirer, des faits que nous aurons pu démontrer, certaines conclusions sur la manière dont se font les associations des cellules dans la moelle et dont se transmettent les excitations.

II. — Le groupement des cellules.

Si nous examinons une coupe transversale du renflement cervical (fig. 1), nous pouvons distinguer, dans la corne antérieure, trois zones distinctes.

L'une, la zone *latérale*, riche en grandes cellules polygonales, occupe tout le renflement latéral de la corne antérieure jusqu'à son angle postérieur.

Une autre, *médiale*, occupe le bord médial depuis l'angle médial antérieur jusqu'à la commissure blanche; elle est formée en grande partie par des cellules allongées

qui envoient de puissants faisceaux de dendrites dans la commissure.

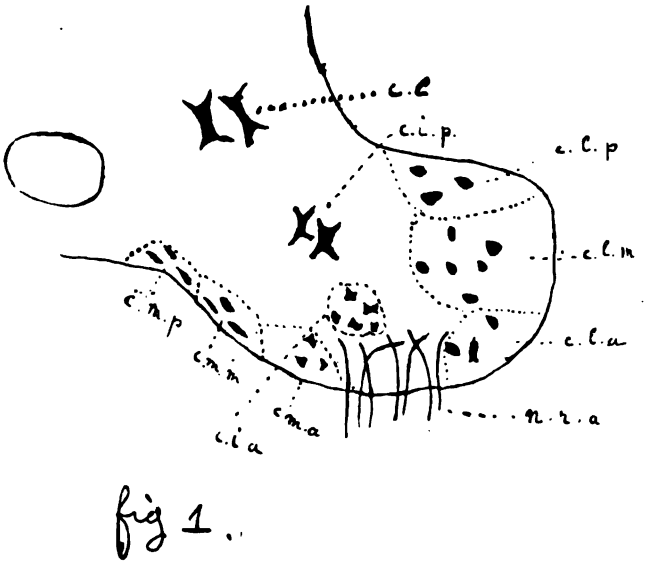


Schéma copié sur une photographie d'une coupe de la moelle lombaire. Explication : *c. c.*, cellules centrales ; *c. l. p.*, cellules latérales postérieures ; *c. l. m.*, cellules latérales moyennes ; *n. r. a.*, neurites de la racine antérieure ; *c. i. a.*, cellules intermédiaires antérieures ; *c. i. p.*, cellules intermédiaires postérieures ; *c. m. a.*, cellules médiales antérieures ; *c. m. m.*, cellules médiales moyennes ; *c. m. p.*, cellules médiales postérieures. Les trois schémas ont été dessinés suivant la nouvelle habitude, la corne antérieure dirigée vers le bas de l'image, contrairement à l'ancienne manière

Enfin, entre ces deux zones se trouve une zone *intermédiaire*, pauvre en cellules dans sa portion antérieure, présentant dans sa portion postérieure des cellules polygonales.

Dans la portion antérieure, libre de cellules, les neurites s'entrecroisent et sortent de la corne antérieure

pour gagner la racine antérieure; nous appellerons cette aire la zone de sortie des neurites et nous la décrirons plus loin.

Chacune des trois zones de cellules se subdivise en groupes cellulaires assez nets.

La zone latérale présente trois groupes : un antérieur (*c. l. a.*), un moyen (*c. l. m.*), un postérieur (*c. l. p.*); la zone médiale : deux ou trois groupes distincts, antérieur, moyen, quand il existe, postérieur, *c. m. a.*, *c. m. m.*, *c. m. p.*

La zone intermédiaire présente, elle, deux groupes, l'un antérieur à la hauteur du groupe latéral moyen (*c. i. a.*), l'autre postérieur à la hauteur du latéral postérieur (*c. i. p.*).

Le groupe latéral postérieur est très important; il est bien développé et persiste encore dans la moelle sacrée, quand tous les autres groupes se sont déjà effacés.

Aux groupes se trouvant dans la corne antérieure, nous devons ajouter un groupe se trouvant à la hauteur du canal central et un peu dorsalement : ce sont les *Mittelzellen* de Waldeyer, que nous appellerons cellules centrales (*c. c.*).

Outre ces grandes cellules, nettement définies en groupes, on observe sur certaines préparations des petites cellules, en nombre très considérable, qui remplissent la corne antérieure; nous ne pouvons nous occuper que des grandes cellules.

Les groupements que nous venons de déterminer correspondent à peu près à ceux que Waldeyer a décrits dans son grand travail sur la moelle du gorille et de l'enfant.

Si nous envisageons maintenant une coupe frontale passant par le groupe intermédiaire antérieur, nous

voyons trois colonnes de cellules qui correspondent aux trois zones de la coupe transversale.

Les cellules forment, dans ces colonnes, des îlots plus ou moins compacts, séparés par des zones dépourvues de cellules, ce qui donne aux colonnes cellulaires un aspect segmenté.

Si nous analysons ce phénomène, nous pourrons observer que la colonne des cellules latérales antérieures présente une segmentation très faible, irrégulière, et pour laquelle il n'y a pas moyen de donner de mesures.

Quelques coupes plus loin, nous tombons sur les cellules latérales moyennes. Elles forment une colonne divisée en groupes compacts de cellules, hauts de 300 μ environ, séparés par des espaces de 100 μ vides de cellules.

Les cellules latérales postérieures forment une colonne encore moins continue; la distance entre les groupes peut aller jusqu'à 300 μ.

Les cellules intermédiaires forment des groupes plus petits, hauts de 100 à 200 μ, séparés par des espaces de 100 μ.

Les cellules médiales présentent, à l'encontre des cellules latérales, une segmentation d'autant moins nette que l'on s'éloigne du bord antérieur. La hauteur des groupes est de 100 à 250 μ; leur éloignement de 100 à 200 μ.

Les cellules centrales nous présentent une fréquence toute différente. Ces cellules forment des groupes de cinq à six cellules très rapprochées, qui ne réapparaissent que tous les 5 à 700 μ.

L'étude de cette question a son importance, car il s'agirait de savoir si cette segmentation a une signification morphologique, ou bien si elle est en rapport avec le

fonctionnement de la moelle. Sans pouvoir actuellement donner pour cette structure une explication plausible, nous pensons qu'elle n'a rien de morphologique.

Les cellules des groupes latéraux et médiaux sont toutes ou presque toutes des cellules radiculaires.

Les cellules du groupe central sont des cellules cordonales tautomères ou hétéromères.

Nous avons rarement pu suivre les neurites des cellules intermédiaires. Nous estimons que ce sont, en grande partie du moins, des cellules radiculaires.

Sans nous attarder à décrire la forme des cellules, à donner des mesures et d'autres détails d'un intérêt moins général, nous étudierons encore, au sujet des cellules, la direction que prennent les dendrites des cellules des différents groupes. Une observation intéressante, qu'il nous a été donné de faire à plusieurs reprises, c'est que, dans un même groupe, les cellules voisines peuvent présenter un parallélisme extraordinaire dans le mode de division et dans la direction des dendrites. Ce parallélisme a comme résultat de créer des faisceaux de dendrites qui vont de chaque groupe dans des directions déterminées. Comme nos conclusions physiologiques s'appuient, en grande partie, sur les directions principales des dendrites, nous les décrirons dans notre dernier paragraphe afin d'éviter les répétitions inutiles.

III. — Les neurites et leurs collatérales récurrentes.

Le neurite sort de la cellule sous forme d'un cône aigu ou obtus qui se continue par un filament très mince et peu coloré. Au bout de 40 à 50 μ, le filament prend un diamètre de 3 à 4 μ, se colore en bleu foncé et sort sous cet aspect de la corne antérieure. Très souvent, la partie

mince présente une courbure très caractéristique, formant un demi ou trois quarts de cercle, d'un diamètre de 1 ou 2 μ.

Les neurites, en quittant les cellules, se dirigent plus ou moins directement (fig. 2) vers le bord antérieur de la corne.

Cette figure a été constituée en prenant, dans trois ou quatre coupes d'une même série, les neurites que l'on pouvait suivre d'une manière satisfaisante et en superposant les résultats. Mêmes lettres que dans la figure 1.

Ils sortent de la substance grise sous forme de quatre ou cinq faisceaux minces (fig. 2 : 1, 2, 3, 4).

Il faut remarquer qu'au lieu de se rendre directement dans le faisceau le plus voisin, les fibres décrivent des courbes assez étendues et se rendent dans des faisceaux très éloignés dans le même plan transversal. De plus, en analysant de près plusieurs coupes d'une même série, nous pouvons remarquer que les cellules d'un même groupe envoient leurs fibres dans des faisceaux différents, partant que chaque faisceau est composé de fibres provenant des divers groupes de cellules.

Ainsi (fig. 2) le faisceau 1 est composé de fibres provenant du groupe latéral postérieur, du groupe latéral antérieur, du groupe latéral moyen et des groupes médiaux. De même pour les autres faisceaux. Chaque neurite arrivé dans la zone libre de cellules, située entre le groupe latéral et le groupe médial antérieur, donne une collatérale récurrente (« ruckläufende Fibrille » de Lenhossek); celle-ci (fig. 3 : *c. r.*) se présente sous forme d'un très mince filament, prenant son origine sur une petite éminence du neurite. Chaque neurite ne donne naissance qu'à une ou deux collatérales récurrentes; dans ce dernier cas, elles quittent le neurite tout près l'une de l'autre, jamais en deux endroits éloignés du neurite. Les collatérales se divisent ensuite un grand nombre de fois et forment un fin fouillis de fibrilles au milieu de l'enchevêtrement plus grossier constitué par les neurites entrecroisés. Les collatérales entrent en rapport avec les dendrites qui pénètrent dans cette zone et forment à leur surface des petits disques aplatis de 1 à 2 μ de diamètre, qui assurent entre ces éléments une contiguïté plus grande.

IV. — Éléments pénétrant dans la substance grise.

1. — *Faisceau des collatérales sensibles.*

Les collatérales des fibres radiculaires sensibles proviennent des fibres centripètes des cellules des ganglions spinaux. Elles pénètrent dans la corne postérieure et peuvent être suivies, jusqu'aux cellules centrales, sous la forme d'un faisceau distinct, dense et bien coloré (fig. 3 : *f. s.*). A partir de cet endroit, il se perd et ne peut plus être suivi.

Ces fibres entrent en contact avec les cellules centrales et avec les dendrites des cellules de la corne antérieure. Elles forment également à la surface de ces éléments les petits disques dont nous avons parlé plus haut.

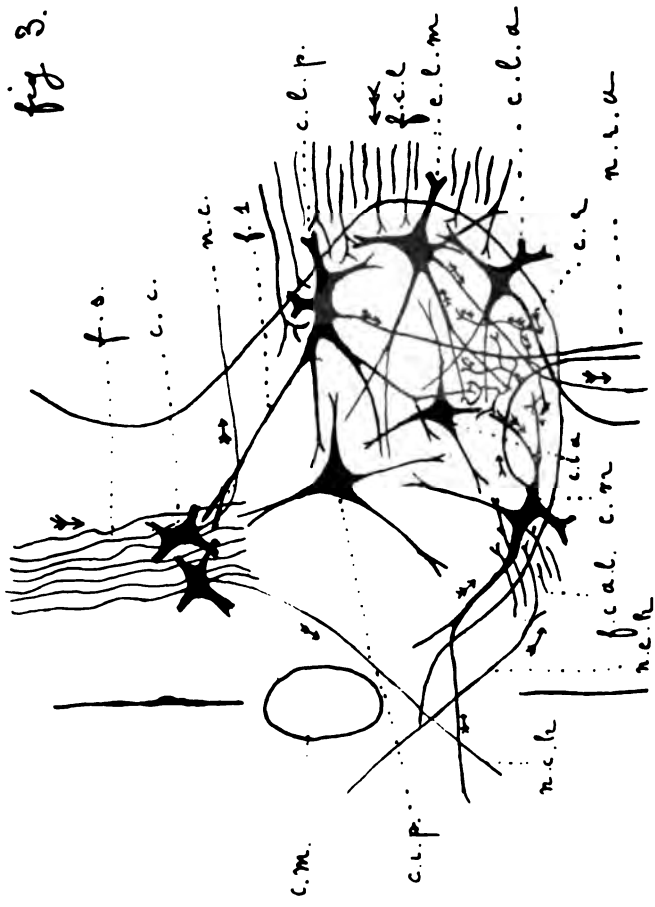
2. — *Collatérales des cordons latéraux et antéro-latéraux.*

Ces fibres (fig. 3 : *f. c. l*, *f. c. a. l.*) forment une grande partie du fouillis fibrillaire de la substance grise. Elles pénètrent sur les deux faces latérales et médiales de la corne antérieure et se ramifient autour des cellules. Ces fibres proviennent des neurites des cellules des cordons tautomères pour les cordons latéraux (fig. 3 : *n. c.*), et des neurites des cellules des cordons hétéromères pour les cordons antéro-latéraux (fig. 3 : *n. c. h.*).

3. — *Collatérales des cordons pyramidaux.*

Les fibres des faisceaux pyramidaux donnent également des collatérales pénétrant dans la zone latérale de la corne antérieure.

Toutes ces fibres se ramifient dans la substance grise, et, chose à noter, dans le cas de la zone latérale, elles se



Dans ce schéma, chaque groupe de cellules est représenté par une cellule de dimension un peu exagérée et dessinée d'après des dessins à la chambre claire de cellules de ces groupes. Mêmes lettres que figures 1 et 2; en plus : *f. s.*, fibres sensibles; *n. c.*, neurites des cordons tautomères; *f. c. l.*, collatérales des cordons latéraux et pyramidaux; *c. r.*, collatérales récurrentes; *f. c. a. l.*, collatérale des cordons antéro-latéraux; *n. c. h.*, neurites des cordons hétéromères.

ramifient presque exclusivement dans le sens longitudinal. Dans notre schéma, nous avons dû représenter ces

ramifications dans le sens transversal pour la meilleure compréhension des phénomènes de transmission des excitations.

De même que les autres collatérales décrites précédemment, les collatérales des cordons présentent à la surface des cellules et des dendrites de petits élargissements discoïdaux qui établissent entre elles et les cellules de la corne antérieure un rapport de contiguïté étroite.

V. — Conclusions physiologiques.

Nous allons tenter de donner aux divers groupes de cellules que nous avons décrits plus haut, et que d'autres auteurs avaient en partie décrits, une raison d'être physiologique. Cette explication, nous la baserons sur les connexions anatomiques que ces divers groupes ont entre eux et avec les éléments afférents de la substance grise.

Un phénomène important est celui que nous avons décrit plus haut au sujet des neurites.

Nous avons vu, en effet, que les faisceaux de neurites qui sortent de la corne antérieure sont toujours constitués par des fibres provenant de groupes éloignés et différents, et que ces fibres doivent, à cet effet, décrire des routes assez longues. Ce fait indique clairement que ces divers groupes ou, si nous considérons l'ensemble de la moelle, les diverses colonnes cellulaires, possèdent des rôles différents. Pour arriver à une action harmonique, les fibres provenant de ces divers groupes doivent donc se réunir et se diriger vers la même portion de la périphérie.

Nous allons donc étudier le rapport des divers groupes

de cellules avec les éléments afférents de la substance grise et entre eux.

Les éléments afférents sont :

1° Les fibres de la racine postérieure sensible (fig. 3 : *f. s.*);

2° Les collatérales du cordon latéral (*f. c. l.*);

3° Les collatérales du cordon antéro-latéral (*f. c. a. l.*);

4° Les collatérales du cordon pyramidal-latéral (celles-ci ne peuvent être distinguées des collatérales du cordon latéral);

5° Enfin, comme nous le verrons plus loin, les « collatérales récurrentes » des fibres radiculaires motrices doivent également être considérées comme des éléments afférents.

Étudions maintenant les groupes de cellules un à un.

1. — Groupes latéraux.

a) *Collatérales en rapport avec ces groupes.*

Les trois groupes latéraux se trouvent compris dans le fouillis des ramifications des collatérales provenant des cordons latéraux et du faisceau pyramidal. Ce rapport n'est pas seulement établi par la pénétration des fibres (*f. c. l.*) dans la corne antérieure, mais aussi par des dendrites qui sortent de la corne et se ramifient au loin, dans la substance blanche.

Ces cellules se trouvent donc directement sous l'action d'excitations provenant :

1° Des cellules cordonales d'autres étages de la moelle (*c. c.*), qui constituent la voie réflexe longue;

2° De cellules volontaires de la couche corticale du cerveau par le faisceau pyramidal, ce qui constitue la *voie volontaire*.

b) *Répartition des dendrites.*

1. Le groupe latéral postérieur envoie un puissant faisceau de dendrites (fig. 3 : *f. 1*) vers la portion centrale de la moelle. Là ils entrent en connexion étroite avec les fibres sensibles (*f. s.*) de la racine postérieure et constituent la voie réflexe directe.

Les cellules, on peut dire une même cellule, peuvent être à la fois excitées :

1° Par la voie cordonale directe (réflexe longue);

2° Par la voie pyramidale;

3° Par la voie réflexe directe.

2. Les trois groupes latéraux envoient des dendrites dans la zone de sortie des neurites moteurs; nous verrons plus loin la signification de ces dendrites.

3. Les trois groupes latéraux sont enfin réunis par des dendrites qui vont d'un groupe à l'autre et qui permettent à des excitations apportées par une collatérale cordonale à une cellule, d'influencer le dendrite d'une cellule d'un groupe voisin.

2. — Groupes médiaux.

1. *Collatérales.*

De même que les groupes latéraux se trouvaient sous l'influence des cordons latéraux et du faisceau pyramidal, les groupes médiaux sont en contact immédiat avec les collatérales des cordons antéro-latéraux.

Par ces collatérales, ils reçoivent des excitations des cellules cordonales hétéromères provenant d'étages différents de la moelle, ce qui constitue la voie réflexe, médullaire, longue, croisée.

2. *Dendrites.*

1° Les cellules médiales envoient, chez le lapin, un puissant faisceau de dendrites à travers la commissure blanche dans l'autre côté de la moelle, où elles vont chercher des excitations provenant de l'autre côté du corps; sans doute elles constituent la voie réflexe, courte, croisée.

2° Ces cellules envoient des dendrites dans la zone de sortie des fibres radiculaires.

3. — Groupes intermédiaires.

1° Le groupe intermédiaire se trouve en contact avec les fibres de la racine postérieure sensible.

Il reçoit donc directement les excitations de la voie réflexe, courte, directe. De plus, les dendrites s'étendent dans toutes les directions et viennent en contact avec les collatérales qui pénètrent dans la zone médiale et dans la zone latérale.

2° Le groupe intermédiaire antérieur (*c. i. a.*) est d'un côté en contact avec les collatérales récurrentes de la zone de sortie des neurites; d'un autre côté, il envoie de puissants faisceaux de dendrites dans les divers autres groupes.

4. — Zone de sortie des fibres radiculaires.

Tous les groupes, toutes les cellules envoient des dendrites dans cette zone. La signification de cette zone doit donc être importante et ne peut avoir sa raison que dans les collatérales récurrentes qui s'y ramifient (*c. r.*).

Il est très peu vraisemblable que les collatérales récurrentes possèdent une conduction centripétale. Ce serait en contradiction avec toutes nos idées sur le fonctionnement du neurone.

Il nous paraît évident que ces éléments forment une espèce de dérivation qui détourne une portion du courant nerveux et transmettent l'excitation à des cellules éloignées qui sont en contact avec eux par leurs dendrites.

Prenons un exemple. Une cellule latérale postérieure est excitée par une collatérale des cordons ou par une fibre sensible de la racine postérieure. Cette excitation se transforme en une excitation déterminée du neurite. Dans son trajet vers la périphérie, une portion de ce courant est dérivée par la collatérale récurrente et transmise aux dendrites d'une cellule médiale, latérale moyenne ou postérieure. Ces cellules sont excitées à leur tour et transmettent à la périphérie, par leur neurite, une nouvelle excitation.

Ramon y Cajal est arrivé aux mêmes conclusions dans son travail sur la moelle allongée. Après avoir étudié les collatérales dans le noyau du trijumeau, il écrit : « Cet exemple et d'autres nous ont amené à la conviction que les collatérales motrices et, sans doute, celles de tous les cylindres-axes, ont la mission de transmettre l'excitation perçue par une cellule, ou par un petit groupe de cellules, à tous les éléments du même noyau ou à un plus grand groupe de la même espèce, situé dans une partie éloignée de la substance grise. Par conséquent, le mouvement nerveux cellulifuge, d'abord faible, grandirait comme une avalanche en entraînant un nombre de plus en plus grand de neurones, et arriverait à son maximum à la sortie de la racine motrice. »

5. — Cellules centrales.

Ces cellules envoient leurs neurites ou bien dans les cordons latéraux du même côté, ou bien à travers la commissure dans le cordon antéro-latéral de l'autre côté. Elles se trouvent au milieu des fibres de la racine postérieure et forment la voie réflexe longue.

6. — Résumé.

Comme nous l'avons vu, la moelle épinière du lapin présente un aspect très compliqué. Par leur situation et leurs connexions principales, les cellules sont plus ou moins spécialisées.

Les cellules latérales forment le neurone moteur des voies réflexes courtes et longues non croisées, et de la voie pyramidale. Ces diverses voies peuvent traverser une seule et même cellule. Ceci pourrait donner aux phénomènes d'inhibition un caractère intracellulaire.

Les cellules médiales forment le neurone moteur de la voie réflexe croisée.

Les cellules centrales forment le neurone intermédiaire de la voie réflexe longue, directe et croisée. Mais cette spécialisation est régularisée en quelque sorte par plusieurs structures. D'abord par le mélange des neurites d'origine diverse dans les faisceaux de la racine antérieure. Ensuite par deux méthodes de régularisation et d'extension des excitations, par les dendrites qui vont chercher des excitations dans des domaines éloignés, et surtout par l'action des collatérales récurrentes.

Travail fait à l'Institut anatomique-biologique
de l'Université de Berlin.

—

LITTÉRATURE.

1. Lenhossek (von), *Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen*. Berlin.

2. Van Gehuchten, *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 3e éd., 1900.

3. Waldeyer, *Das Gorilla Rückenmark*. (Abh. der Kön. Akad. der Wiss. zu Berlin, 1888.)

4. Cajal, *Origines del trigemino*. Madrid, 1895.

5. Arguhinsky, *Ueber die regelmässige Gliederung in der graue Substanz des Rückenmarks*. (Arch f. mikr. Anat., 1897, Bd XLVIII.)

Sur la marche de l'inversion du saccharose par les acides minéraux dans ses rapports avec la nature et l'intensité des rayons lumineux; par H. Gillot.

Les travaux de nombreux savants ont montré que, dans un grand nombre de réactions chimiques, la radiation solaire joue un rôle identique à celui d'une élévation plus ou moins considérable de température. Le rôle qu'elle joue dans les changements isomériques du phosphore, du soufre et des carbures d'hydrogène, dans la combinaison du chlore avec l'hydrogène libre, dans la décomposition des éthers iodhydriques, des sels métalliques d'or, d'argent, de platine, de mercure, etc., ce rôle, dis-je, a fait l'objet d'études importantes de la part de savants éminents : Duclaux, Draper, Lemoine, Berthelot, Cailletet et d'autres.

J'ai fait quelques observations sur l'influence que la radiation lumineuse exerce dans le phénomène de l'inversion du saccharose par les acides minéraux : c'est le résultat de ces essais que je viens exposer dans la présente note.

Sans doute, il y a quelques années déjà que Duclaux (*) remarqua qu'une solution acide de saccharose s'intervertissait plus vite à la lumière qu'à l'obscurité. Mais il m'a paru intéressant de pousser plus loin l'étude de la question et de dégager, par une série d'expériences appropriées, le rôle que joue chacune des parties du spectre dans la marche de la réaction.

Les travaux d'Herschell (**), de Draper (***), de Foucault et Fizeau (IV) ont montré, en effet, que ce sont seulement certains rayons du spectre qui opèrent telles ou telles actions chimiques, et que le rôle joué par la lumière peut se manifester sur les mêmes substances d'une façon toute différente, suivant la réfrangibilité des rayons lumineux.

Ainsi, tandis que ce sont les rayons dits chimiques (violets et ultra-violets) qui agissent avec le plus d'énergie pour effectuer la polymérisation du phosphore (V), ou pour favoriser l'oxydation des huiles (VI), ce sont, au contraire, les rayons rouges qui font perdre sa couleur

---

(*) DUCLAUX, *Action de la lumière solaire sur les substances hydrocarbonées*. (ANNALES DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE, 1886, t. X.)

Voici comment ce savant s'exprime dans son mémoire original :

« En solution neutre, le saccharose reste intact au soleil pendant » deux mois, contrairement à l'affirmation de Raoult (*Annales de » chimie et de physique* (4), t. XXIII, p. 291). En solution alcaline, le » saccharose n'absorbe pas l'oxygène de l'air et reste aussi intact. » En solution acide, il s'intervertit assez rapidement au soleil, mais » il s'intervertit aussi à l'obscurité, bien que plus lentement, aux » mêmes températures que celles qu'il atteint au soleil. »

(**) HERSCHELL, *British Association*, 1839.

(***) DRAPER, *Philosophic Magazine*, 1842.

(IV) FOUCAULT et FIZEAU, *Comptes rendus*, t. XXIII, p. 679.

(V) *Annales de chimie et de physique*, t. LXXXV, p. 225.

(VI) CLOEZ, *Comptes rendus*, t. LXI, pp. 321 et 981.

brune au peroxyde de plomb humide ou qui transforment le sous-oxyde de mercure en mercure et monoxyde. D'autre part, tous les botanistes savent que ce sont les rayons compris entre le jaune et le vert qui sont les plus efficaces pour provoquer la décomposition de l'acide carbonique par les parties vertes des végétaux (*).

J'ai donc pensé qu'il n'était pas sans intérêt de déterminer la nature des rayons capables de favoriser la marche de l'inversion du saccharose par les acides. Pour y arriver, j'ai fait agir sur les solutions de saccharose à intervertir certains groupes de rayons, en absorbant les autres par des solutions diversement colorées.

On conçoit qu'il soit très difficile, sinon impossible, de composer un milieu liquide capable de laisser passer un seul rayon du spectre à l'exclusion de tous les autres, la position des bandes d'absorption variant très facilement avec la concentration, la nature du dissolvant, etc. Les solutions employées ne satisfont pas à cette condition : elles ne permettront pas l'étude de l'action de chaque rayon en particulier, mais bien d'un groupe de rayons déterminés; certaines d'entre elles laisseront passer, par exemple, le groupe de rayons formant le spectre lumineux; d'autres ne laisseront passer que ceux composant le spectre chimique, etc.

Les solutions employées ont été les suivantes :

1. L'acide rosolique.
2. L'iode dans l'iodure de potassium.
3. Le bichromate de potasse.
4. Le violet de méthyle.
5. Le chlorure de cuivre additionné d'acide chlorhydrique.
6. Le sulfate de cuivre en solution diluée.

(*) *Annales de chimie et de physique*, 5e sér., t. XII, p. 355.

7. Le sulfate de cuivre en solution concentrée.
8. Le sulfate de cuivre ammoniacal.
9. L'eau distillée.

On remarquera que j'ai employé des solutions de sulfate de cuivre à deux concentrations différentes, et ce dans le but bien déterminé de me rendre compte de l'influence exercée par la concentration des solutions de ce sel. On sait, en effet, que la concentration des solutions de certains sels (chlorure de cobalt, sulfate de cuivre) exerce la plus grande influence sur les spectres d'absorption (*). J'y reviendrai plus loin.

Quelques mots sur le dispositif employé dans ces essais.

Les solutions à intervertir ont été placées dans une série de tubes à réaction (*t*) de 100 centimètres cubes de capacité.

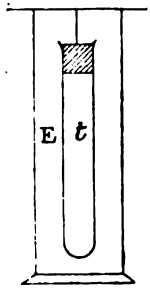


Fig. 1.

Chaque tube, fermé hermétiquement par un bouchon en caoutchouc, était plongé dans une éprouvette (E) de 500 centimètres cubes, contenant la solution colorée.

La distance entre les parois des tubes *t* et celles des éprouvettes était de 1 $^1/_2$ centimètre.

Cet espace était occupé par la solution colorée.

J'ajouterai encore, avant d'entrer dans le détail de chaque expérience en particulier, que tous mes essais ont été faits à la lumière diffuse, dans un endroit bien éclairé du laboratoire, mais que les rayons directs du soleil ne pouvaient pas atteindre.

(*) Gladstone, *Chem. Soc. Journ.*, t. LX.

Peut-être les différences entre les intensités d'inversion eussent-elles été plus marquées si l'on avait opéré comparativement à la lumière directe et à l'obscurité; mais dans ce cas, il est souvent très difficile de s'opposer à toute élévation brusque de température. Et l'on sait toute l'importance que possède ce dernier facteur dans la réaction qui nous occupe. Il y a, en effet, sous ce rapport, une surveillance constante à exercer, toute élévation, même minime, de température pouvant conduire l'opérateur à des conclusions absolument erronées.

A. — *Inversion par l'acide chlorhydrique.*

A la lumière diffuse, dans un endroit bien éclairé du laboratoire, mais complètement à l'abri des rayons directs; une partie de la solution à intervertir a été conservée à l'obscurité, à la même température (19°-20°) que celle qu'atteignaient les solutions soumises à l'influence de la lumière.

Voici quelle était la composition de la solution sucrée :

	Pour 100 centimètres cubes.
Saccharose pur et anhydre. . . .	4gr,91
Acide chlorhydrique.	2gr,00

Examinée immédiatement après sa préparation, elle a donné :

Polarisation (tube de 20). . . . + 19.0

soit

Pouvoir rotatoire (α_D). . . . . + 66.56

Les milieux liquides employés pour absorber certains rayons lumineux ont déjà été énumérés plus haut; la

solution concentrée de sulfate de cuivre était suffisamment teintée pour rendre presque invisible, sous une épaisseur de 1 $^1/_2$ centimètre, le tube plongeant dans l'éprouvette.

On a procédé à deux reprises à l'examen des solutions : après trente heures d'exposition et après cinquante-six heures.

Voici les résultats obtenus.

1. Après trente heures :

	Polarisation (tube de 20).	Chute de polarisation.	Cuivre réduit pour 100 centimètres cubes de liqueur de Fehling ayant pris 5 centimètres cubes de solution invertie.
			Milligrammes.
a) Obscurité absolue	+ 5.8	13.2	269.6
Les solutions ont reçu la lumière à travers : *b*) Sulfate de cuivre dilué.	+ 4.4	14.6	302.0
c) Sulfate de cuivre concentré	+ 5.0	14.0	288.8
d) Eau distillée	+ 5.0	14.0	284.2
e) Acide rosolique . . .	+ 5.2	13.8	280.8
f) Violet de méthyle . .	+ 5.2	13.8	280.0
g) Chlorure de cuivre . .	+ 5.2	13.8	283.0
La solution, complètement intervertie, a donné	— 7.2	26.2	492.0

Si, d'après les polarisations observées, on calcule la valeur des pouvoirs rotatoires *apparents* (ces pouvoirs rotatoires ne peuvent être en effet qu'apparents, puisqu'au moment où l'on a examiné les solutions, celles-ci renfermaient trois sucres différents : dextrose, lévulose et saccharose inattaqué), on obtient les chiffres suivants :

	Pouvoir rotatoire pour la raie du sodium. $(\alpha_D)^{20°}$
a) Obscurité absolue.	+ 20.31
b) Sulfate de cuivre dilué . .	+ 15.51
c) Sulfate de cuivre concentré.	+ 17.51
d) Eau distillée.	+ 17.51
e) Acide rosolique	+ 18.21
f) Violet de méthyle. . . .	+ 18.21
g) Chlorure de cuivre . . .	+ 18.21

Ainsi donc, le maximum d'intensité d'inversion s'observe dans la solution ayant reçu la lumière à travers la solution diluée de sulfate de cuivre : c'est là en effet que l'on observe le minimum de pouvoir rotatoire (15.51) et le maximum de cuivre réduit ($399^{mg},6$). L'intensité d'inversion est plus faible dans toutes les autres solutions; elle est minimum à l'obscurité.

Si l'on veut considérer avec attention les chiffres des deux tableaux précédents, on voit que ce sont les rayons violets et ultra-violets qui ont agi avec le plus d'énergie.

En effet, le sulfate de cuivre en solution diluée jouit d'une absorption unilatérale dans le rouge, absorption qui se termine entre les raies B et C (fig. 2); il laissera donc passer les rayons bleus, violets et ultra-violets.

En solution concentrée, au contraire (fig. 3), il jouit d'une absorption bilatérale : l'une dans le rouge, qui se termine entre C et D; l'autre dans le violet, qui se termine en F.

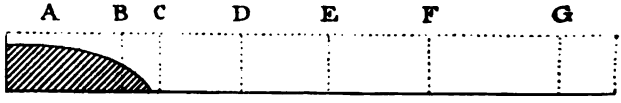


Fig 2.

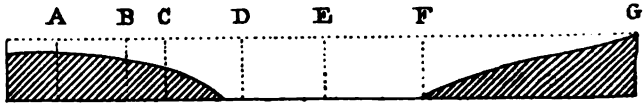


Fig. 3.

Si donc ce sont les rayons violets et ultra-violets qui sont réellement les plus actifs, la plus grande intensité d'inversion doit s'observer chez la solution ayant reçu la lumière à travers le sulfate de cuivre dilué, plutôt que dans celle l'ayant reçue à travers la solution concentrée du sel; c'est en effet ce que l'expérience a vérifié.

Au surplus, si l'on fait arriver sur la solution à intervertir une lumière privée de rayons bleus, violets et ultra-violets (solution *e*) en la faisant passer au travers d'une solution d'acide rosolique, on remarque que l'intensité d'inversion est très faible; l'acide rosolique a donc arrêté les rayons les plus efficaces.

Quant à la solution verte de chlorure de cuivre, l'expérience directe montre que les rayons qu'elle laisse passer n'agissent que très faiblement pour accélérer la marche de la réaction.

Néanmoins, on voit déjà, d'après ces premiers résultats,

que *tous* les rayons du spectre agissent pour favoriser l'inversion, mais qu'ils n'agissent pas tous avec la même énergie.

Les résultats obtenus au second examen des solutions confirment les précédents; les voici.

2. Après cinquante-six heures :

	Polarisation.	Chute de polarisation.	Cuivre réduit.	Pouvoir rotatoire. $(\alpha_D)^{20°}$
			mmlgr.	
a) Obscurité absolue. . .	+ 0.9	18.1	367.2	+ 3.15
Les solutions ont reçu la lumière à travers : *b*) Sulfate de cuivre dilué.	— 0.2	19.2	399.6	— 0.70
c) Sulfate de cuivre concentré . . .	+ 0.2	18.8	384.0	+ 0.70
d) Eau distillée. . .	0.0	19.0	385.6	»
e) Acide rosolique. .	0.0	19.0	388.4	»
f) Violet de méthyle .	0.0	19.0	383.2	»
g) Chlorure de cuivre.	+ 0.2	18.8	382.8	+ 0.70

Ici encore, maximum d'intensité d'inversion dans la solution ayant reçu la lumière à travers le sulfate de cuivre dilué, minimum dans celle conservée à l'obscurité. Seule, en effet, la solution *b* voit son pouvoir rotatoire devenir lévogyre après cinquante-six heures; au surplus, la quantité de cuivre réduit ($399^{mg},6$) est plus forte que partout ailleurs.

B. — *Inversion par l'acide sulfurique.*

La solution sucrée renfermait, pour 100 centimètres cubes :

Saccharose. 8gr,53
Acide sulfurique 2gr,22

L'examen polarimétrique a donné :

Polarisation (tube de 20). . . . . + 33.0

soit

Pouvoir rotatoire . . . . . + 66.5

Les milieux colorés employés pour absorber les rayons lumineux ont été :

a) Le bichromate de potasse en solution à 5 °/. dans l'eau distillée.

b) Le sulfate de cuivre ammoniacal.

c) L'eau distillée.

On a préparé simultanément trois séries de solutions : la première série a subi l'influence de la lumière pendant six heures; la deuxième, pendant trente heures; la troisième enfin, pendant cinquante-quatre heures.

J'ai cru inutile de répéter qu'une portion de la solution sucrée acide a été conservée à l'obscurité, à la même température que celles ayant subi l'action de la lumière.

J'ai groupé en un seul tableau les résultats obtenus. Les voici :

			Polarisation.	Chute de polarisation.	Pouvoir rotatoire.	Cuivre réduit pour 100 centimètres cubes de liqueur de Fehling.
						Milligrammes.
Après 6 heures.		*a*) Obscurité absolue	+ 23.2	9.8	+ 46.77	400.8 (*)
	La lumière a été transmise à travers :	*b*) Sulfate de cuivre ammoniacal	+ 20.0	13.0	+ 40.32	534.8
		c) Bichromate de potasse	+ 20.8	12.2	+ 41.94	498.4
		d) Eau distillée	+ 21.0	12.0	+ 42.35	451.2
Après 30 heures.		*a*) Obscurité absolue	+ 2.6	30.4	+ 5.24	604.8 (**)
	La lumière a été transmise à travers :	*b*) Sulfate de cuivre ammoniacal	— 1.4	34.4	— 2.82	674.4
		c) Bichromate de potasse	— 0.2	33.2	— 0.40	653.0
		d) Eau distillée	— 0.8	33.8	— 1.61	662.4
Après 54 heures.		*a*) Obscurité absolue	— 4.0	37.0	— 3.06	364.0 (***)
	La lumière a été transmise à travers :	*b*) Sulfate de cuivre ammoniacal	— 7.6	40.6	— 15.33	424.8
		c) Bichromate de potasse	Liquide perdu par accident.			
		d) Eau distillée	— 7.4	40.4	— 14.92	402.4

(*) Prise d'essai de la solution invertie : 10 centimètres cubes.
(**) Prise d'essai de la solution invertie : 5 centimètres cubes.
(***) Prise d'essai de la solution invertie : 2½ centimètres cubes.

Si l'on veut rapprocher les résultats obtenus à l'obscurité de ceux obtenus pour la solution ayant reçu la lumière à travers le bichromate de potasse, on remarque que l'intensité d'inversion est bien plus grande que dans le liquide conservé à l'obscurité. Ainsi donc, les rayons rouges et jaunes, bien qu'agissant avec moins d'intensité que les rayons bleus et violets, n'ont cependant pas été inactifs.

On verserait donc dans une bien grande erreur en pensant que l'inversion du saccharose par les acides minéraux est favorisée uniquement par un groupe de rayons déterminés. Tous les rayons, au contraire, favorisent la marche de la réaction, mais ils n'agissent pas tous avec la même énergie : tandis que les rayons bleus, violets et ultra-violets ont manifesté leur influence avec le plus d'énergie, les rayons jaunes et rouges ont été les moins actifs.

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour arrêter définitivement la liste des candidatures aux places vacantes.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Brialmont (*Al.*). Projets d'agrandissement d'Anvers, de nouveaux travaux de défense et de port franc. Bruxelles, 1900; in-8° (III-71 p. et un atlas de VII planches).

Mourlon (*Michel*). Légende de la carte géologique de la

Belgique à l'échelle du 40 000e, dressée par ordre du Gouvernement. 1900; in-8° (27 p.).

MOURLON (M.). L'étude des applications est le meilleur adjuvant du progrès scientifique en géologie. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (8 p.).

— Sur une dent du gisement du Mammouth en Condroz. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (4 p.).

— Allocution prononcée à l'occasion de la mort de M. Victor Dormal. Bruxelles, 1900; extr. in-8°.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL. *La classification décimale de Melvil Dewey appliquée aux sciences géologiques pour l'élaboration de la* Bibliographia geologica *par le Service géologique de Belgique.* 1898.

— *La classification décimale de Melvil Dewey complétée pour la partie 549-559 de la* Bibliographia universalis; par le Dr G. Simoens, *et appropriée à l'élaboration de la* Bibliographia geologica ; par Michel Mourlon. 2e édition, 1899.

— *Liste des périodiques compulsés pour l'élaboration de la* Bibliographia geologica, *dressée d'après la classification décimale par le Service géologique de Belgique.* 1898.

— Bibliographia geologica. *Répertoire des travaux concernant les sciences géologiques dressé d'après la classification décimale;* par Michel Mourlon et G. Simoens, série A, Publications antérieures à 1896, tomes I et II; série B, tomes I-III. 1898-1900.

BRUXELLES. *Société belge de microscopie.* Annales, tome XXV, 1899.

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

Hellmann (*Dr G.*). Regenkarte der Provinzen Westpreussen und Posen. Berlin, 1900; in-8° (27 p. et 1 carte).

Böckh (*Johann*) et *Szontagh* (*Thomas von*). Die königlich

ungarische geologische Anstalt. Budapest, 1900; in-8° (75 p.).

MAGDEBOURG. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Jahresbericht und Abhandlungen. 1898-1900.

—

FRANCE.

Potain (*C.*) et *Richet* (*Charles*). Bibliographia medica (Index medicus). Recueil mensuel. Classement méthodique de la bibliographie internationale des sciences médicales. Paris, 1900; tome I, n° 5.

PARIS. *Observatoire*. Rapport annuel pour l'année 1899; par M. Loewy. 1900; in-4°.

DOUAI. *Société d'agriculture, sciences et arts*. Douai : Son histoire militaire. Ses fortifications. Frontispice de M. Ferdinand Dutert; aquarelles et dessins de M. Henri Duhem. 1892; vol. in-4° (276 p.).

—

GRANDE-BRETAGNE.

DUBLIN. *Observatory of Trinity College*. Astronomical observations, 9th part. 1900; in-4°.

LONDRES. *Royal Society*. Transactions, series A, vols. 192, 193, 194. Series B. vols. 191 and 192.

— *British Museum*. Catalogue of the Lepidoptera phalaenae in the Museum, vols. I and II, with plates. 1898-1900.

— A hand-list of the genera and species of birds, vols. I and II. 1899-1900.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1900. — N° 12.

Séance du 1er décembre 1900.

M. Jos. de Tilly, vice-directeur, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Pol. Francotte, Fr. Deruyts, Paul Pelseneer et A. Gravis, *correspondants.*

MM. Lagrange, directeur, et le baron Edm. de Selys Longchamps, doyen d'ancienneté des membres, écrivent pour motiver leur absence.

M. le Secrétaire perpétuel écrira à M. le baron de Selys Longchamps pour lui exprimer les regrets de la Classe de ce que son état de santé l'a empêché depuis quelque temps d'assister aux réunions.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel donne lecture de la lettre suivante qu'il vient de recevoir de M. Charles Lagrange :

30 novembre 1900.

« Monsieur le Secrétaire perpétuel,

» J'ai l'honneur de prier l'Académie d'accepter en don un capital de 10,000 francs (*dix mille francs*), en rentes sur l'État belge [5 %], pour fonder, au moyen des intérêts accumulés, un prix perpétuel de *Physique du globe*, à décerner tous les quatre ans.

» P. S. Dans mon intention, ce prix sera décerné au meilleur travail mathématique ou expérimental, constituant un progrès important dans la connaissance mathématique de la Terre. Je me réserve de soumettre ultérieurement à l'Académie une rédaction plus développée, la présente lettre ayant pour objet essentiel la fondation même du prix. »

Les remerciements de la Classe seront adressés à M. Lagrange par les soins de M. le Secrétaire perpétuel.

— La Classe reçoit, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des ouvrages suivants :

La Cellule, recueil de cytologie, XVII, 2 (offert par M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique);

Rapports des Commissions médicales provinciales sur leurs travaux pendant l'année 1899 (offert par M. le Ministre de l'Agriculture);

Carte géologique de la Belgique au 40 000e, neuvième envoi : feuilles de Jehay-Bodegnée-Saint-Georges, Fléron-Verviers, Gouy lez-Piéton-Gosselies, Fleurus-Spy, Tavier-Esneux, Sart-Baraque-Michel-Petit-Bongard, Binche-Morlanwelz, Stavelot-Francheville, Bra-Lierneux, Hotton-Dochamps, Limerlé-Reckler, Olloy-Treignes, Felenne-Vencimont, Pondrome-Wellin, Macquenoise-Forge-Philippe, Moulin-Manteau-Moulin-de-Chestion (offert par M. le Ministre de l'Industrie et du Travail). — Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Alcuni problemi di meccanica in uno spazio a tre dimensioni di curvatura costante;* mémoire II, di Dominico de Francesco, de Naples (offert, au nom de l'auteur, par M. le lieutenant général De Tilly);

2° *Kunstformen der Natur*, 5. Lieferung; par Ernest Haeckel, associé, à Iéna;

3° *Essais relatifs à la dispersion du gui. — Sur l'origine des variétés panachées chez les plantes. — Expériences sur la greffe de la pomme de terre;* 4 extr. par Émile Laurent. — Remerciements.

— M. G. Darboux, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences de Paris, offre des exemplaires imprimés de la brochure contenant le compte rendu de la première

session du Comité de l'Association internationale des Académies, qui a été tenue à Paris, au palais de l'Institut, en juillet-août 1900.

M. Darboux ajoute dans sa lettre qu'il serait à désirer que des propositions nouvelles, de nature à être étudiées dans la prochaine assemblée générale, qui s'ouvrira à Paris, le mardi 16 avril 1901, pussent être présentées par les diverses Académies qui composent l'Association, afin que le succès de cette première réunion générale justifie dès le début les espérances qui se sont attachées à la formation de l'Association internationale des Académies.

— M. le Secrétaire perpétuel appelle l'attention sur la question soulevée par M. Marey (p. 12 du compte rendu précité), d'uniformiser les méthodes employées en physiologie, question que le Comité de l'Association a pris en considération pour être discutée dans l'assemblée générale du 16 avril 1901.

— Le Comité pour la réception du buste offert par l'Université de Barcelone à M. de Lacaze-Duthiers adresse ses remerciements à l'Académie pour son adhésion à cette manifestation qui a eu lieu à la Sorbonne, à Paris, en juillet 1900.

— M. J. Pierart, commis à l'Administration des Télégraphes, à Bruxelles, demande à la Classe le dépôt dans les archives d'une lettre cachetée portant en suscription les mots *Pro scientia,* et qui a été reçue par M. le Secrétaire perpétuel le 6 novembre dernier. — Accepté.

— M. le Secrétaire général du Sénat envoie cent trente

cartes permanentes pour la tribune réservée pendant la session législative de 1900-1901.

Afin de prévenir les abus, M. le Secrétaire du Sénat exprime le désir que ces cartes portent le nom des porteurs. — Remerciements.

— La Société batave de physique expérimentale de Rotterdam et la Société industrielle d'Amiens envoient les programmes de leurs concours pour les années 1900 et 1901.

— MM. les Recteurs des quatre universités du pays ainsi que le Président du jury central font savoir qu'aucun diplôme légal de docteur en sciences chimiques, avec la plus grande distinction, n'a été décerné cette année.

— M. le Secrétaire perpétuel dépose sur le bureau un exemplaire du nouveau règlement pour le prix d'astronomie fondé par Édouard Mailly et rédigé par une Commission composée de MM. Brialmont (rapporteur), De Heen et Terby.

Cet objet sera porté à l'ordre du jour de la prochaine séance, ainsi qu'un projet de règlement semblable que se propose de présenter M. Dewalque.

— Travaux manuscrits soumis à l'examen :

1° *Sur l'isopropanol-amine*, par M. Edgar Peeters, docteur en sciences. — Commissaires : MM. Spring et Henry;

2° *Énoncé et démonstration d'un nouveau théorème de mécanique*, par Eugène Ferron. — Commissaires : MM. F. Deruyts, De Tilly et Mansion.

JUGEMENT DES CONCOURS POUR 1900.

Concours annuel de la Classe.

Il est donné lecture des rapports de :

1° MM. Spring, Henry et Delacre sur le mémoire envoyé en réponse à la question sur les *dérivés carbonés*. Devise : *Nos connaissances sur les composés organiques du fluor sont très limitées* (H. Moissan) ;

2° MM. Van Bambeke, Errera et Gravis sur le mémoire en réponse à la question sur l'*existence d'un noyau chez les Schizophytes*. Devise : *Quot capito, tot sensus*.

Prix Mailly.

2e période (1896-1900).

M. Brialmont, comme rapporteur, donne lecture du rapport du jury chargé de juger la deuxième période du prix fondé par Édouard Mailly, à décerner au « Belge qui aura fait faire quelque progrès à l'astronomie ou qui aura contribué à répandre le goût et la connaissance de cette science dans le pays ».

— La Classe se prononcera sur les conclusions de ces rapports dans sa séance prochaine.

ÉLECTIONS.

La Classe procède au renouvellement de sa commission spéciale des finances pour l'année 1901.

MM. Brialmont, Crépin, De Tilly, Lancaster et Mourlon sont réélus.

RAPPORTS.

Sur l'avis de MM. Masius et Fredericq, la Classe décide le dépôt aux archives d'une note, en italien, de M. le professeur Francesco Maltese : *La diminuita longevità, la neurastenia, la tuberculosi e diverse altre malattie tremende derivano da un grave errore della medicina.*

— Une décision semblable est prise sur l'avis de MM. Renard et Lancaster sur une lettre de M. Éd. Croegaert, relative à la configuration superficielle de notre globe.

Recherches relatives aux connexes de l'espace;
par M. Stuyvaert, professeur à l'Athénée de Gand.

Rapport de M. Neuberg, premier commissaire.

« Ce mémoire est, en grande partie, une nouvelle rédaction, notablement condensée, de celui qui a obtenu une mention très honorable au concours des sciences physiques et mathématiques, en 1898. Le rapport sur ce concours nous dispense de faire une analyse détaillée du mémoire actuel.

Nous nous contentons donc de signaler deux additions importantes que l'auteur a apportées à son premier travail. Il détermine l'ordre et la classe du connexe conjugué dans le cas général, et aborde la question des singularités des connexes. Dans l'état actuel de la science, une théorie complète de ces singularités présente des diffi-

cultés très sérieuses; il faut donc savoir gré à l'auteur de publier un premier essai sur cette matière, tout informe qu'il soit encore.

Les recherches de M. Stuyvaert présentant un grand intérêt et formant en quelque sorte une introduction au mémoire couronné de M. Autonne, je propose volontiers à la Classe de les faire paraître dans les *Mémoires* in-8°. »

MM. F. Deruyts et C. Le Paige déclarent se rallier à ces conclusions, qui sont adoptées par la Classe.

—

Note sur les involutions du quatrième ordre;
par Joseph Fairon.

Rapport de M. F. Deruyts, premier commissaire.

« La note de M. Fairon se rapporte à la construction des involutions biquadratiques dont les éléments sont les points d'une conique. Ce mode de représentation a été peu étudié, sauf pour les involutions du premier et du second rang; aucune tentative ne semble avoir été faite pour le troisième rang.

Sans avoir résolu tous les problèmes qui se rattachent à ce sujet, l'auteur est parvenu à des résultats qui semblent intéressants.

M. Fairon montre, d'abord, que l'on peut construire aisément une double infinité de quaternes d'une involution I_2^4, quand on se donne deux ternes d'éléments neutres de cette involution : ces quaternes sont les intersections de la conique support et des coniques d'un réseau

dont les points de base se déterminent d'une façon fort simple.

L'équation dont les racines sont les paramètres des éléments quadruples d'une involution I_3^4, conduit l'auteur à y associer l'équation d'une conique ; cette courbe, ainsi que sa polaire réciproque par rapport au support, ont un rôle important dans les constructions, notamment dans le problème général qui consiste à compléter un quaterne d'une I_3^4, lorsque l'on se donne trois éléments de ce quaterne.

Il serait difficile, bien que la note soit courte, de signaler toutes les propriétés et constructions qu'elle contient. Nous pensons que l'aperçu que nous avons pu en donner, suffira pour légitimer la proposition, que nous avons l'honneur de faire à la Classe, d'en décider l'impression dans le *Bulletin*. »

MM. J. Neuberg et C. Le Paige déclarent se rallier à ces conclusions, qui sont adoptées par la Classe.

La pression osmotique de la salive sous-maxillaire du Chien;
par le Dr P. Nolf.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« On sait l'importance considérable qu'a prise, en physiologie, la notion de la pression osmotique ou concentration moléculaire des différents liquides ou milieux de l'organisme comparés entre eux. L'auteur nous donne une contribution intéressante à cette question, en déter-

minant comparativement la concentration moléculaire de la partie liquide du sang et celle de la salive sous-maxillaire sécrétée sous diverses conditions de pression, d'excitation des nerfs, etc.

Les résultats auxquels il arrive sont dignes de nos publications. J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'en ordonner l'insertion dans le *Bulletin* de la séance. »

—

Rapport de M. Masius, deuxième commissaire.

« Dans leur travail *Sur la pression osmotique du sérum du sang et de la lymphe en différentes conditions de l'organisme,* le professeur G. Fano et le docteur F. Bottazzi font connaître les résultats des recherches instituées par eux sur la sécrétion salivaire; mais leurs expériences sont trop peu nombreuses pour pouvoir tirer aucune conclusion.

M. Nolf est arrivé à des résultats très intéressants; il démontre que la valeur de la tension osmotique de la salive sous-maxillaire sécrétée normalement ou obtenue par l'excitation de la corde du tympan, est très variable et qu'elle est en rapport avec la quantité de sels contenus dans ses liquides.

Je me rallie à la conclusion du premier commissaire. »

La Classe adopte cette proposition.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

Sur la physiologie de l'épithélium cornéen. — *Imperméabilité relative à l'oxygène;* par G. Bullot.

INTRODUCTION.

Les expériences dont je vais rendre compte sont la continuation de celles qui ont fait l'objet d'un travail antérieur, publié en collaboration avec le Dr Lor (1). Nos résultats ont donné lieu à quelques observations de la part de l'éminent professeur de l'Université de Liége, M. Nuel. Dans l'entretemps, j'ai continué seul les expériences commencées avec le Dr Lor, et je suis arrivé à confirmer les vues qui nous étaient communes.

La méthode à laquelle nous avons eu recours, au début de nos recherches, est la transplantation de l'œil dans la cavité péritonéale. Dans la suite, j'ai jugé nécessaire de placer l'œil, non plus dans un milieu vivant, mais *in vitro*, dans un bain, dans une atmosphère humide, dans des mélanges d'air et d'hydrogène. Il a fallu conserver l'organe, souvent pendant un jour, dans des conditions d'asepsie et de température sans lesquelles aucun résultat valable ne pouvait s'obtenir.

---

(1) Bullot et Lor, *De l'influence exercée par l'épithélium de la cornée sur l'endothélium et le tissu cornéens de l'œil transplanté.* (Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique, 1899.)

L'idée d'isoler un organe et de le transplanter dans la cavité péritonéale ne nous appartient point. Nous n'avons fait, en cela, que suivre la pratique indiquée, depuis longtemps déjà, par toute une série d'auteurs. Il ne paraîtra pas inutile, avant d'aller plus loin, de marquer ce que vaut cette méthode selon nous. L'isolement des organes a souvent été utilisé en physiologie, et l'on connaît les expériences classiques : Ludwig isole la glande sublinguale, excite la corde du tympan et démontre que le phénomène sécrétoire est, dans une certaine mesure, indépendant de l'afflux sanguin; Cl. Bernard isole le foie et démontre, par le rinçage de l'organe, la production du glycogène; Wagner transplante le testicule du chien dans la cavité péritonéale de la poule et démontre la formation de la graisse dans l'organe isolé. On sait comment on a perfectionné ces méthodes primitives. On a alimenté des organes isolés par la circulation artificielle; on a suivi les processus chimiques et même les transformations morphologiques des organes placés dans l'étuve à température constante. De mon côté, j'avais songé à transplanter l'œil entier dans la cavité péritonéale, pour étudier la régénération de l'épithélium cornéen, dans les conditions ainsi réalisées (1). Il ne s'agissait pas d'une greffe, car il importe de s'entendre sur le sens du mot « transplantation » : Schiff, de Genève, a transplanté des corps thyroïdes dans la cavité péritonéale. Il les a fixés, par une suture, à la paroi abdominale et il a, comme on le sait, constaté la suppléance fonctionnelle ainsi obtenue.

---

(1) G. Bullot, *De la régénération de l'épithélium cornéen après énucléation.* (Bulletin de la Société belge d'ophtalmologie, 1898, n° 4, p. 40.)

Je n'ai rien fait de semblable. Je n'ai pas suturé l'œil; je l'ai abandonné dans la cavité où il était déposé aussitôt après son énucléation.

Il va de soi que, tout au début de la transplantation, l'œil continue à vivre comme il le fait lorsqu'il n'a pas été isolé. Mais au bout d'un certain nombre d'heures, ses parties internes (uvée, rétine), soustraites à l'action du sang circulant, se nécrosent peu à peu. Seules les parties externes, baignées par la sérosité péritonéale, survivent au moins pendant plusieurs jours.

L'épithélium cornéen, notamment pendant les deux jours qui suivent la transplantation, vit et se régénère à peu près avec la même rapidité que lorsque l'œil n'a pas été énucléé. Aussi peut-on dire, avec vraisemblance, que les propriétés manifestées par l'épithélium, dans ces conditions, sont celles qu'il possède normalement.

La présence de l'œil dans la cavité péritonéale ne provoque pas d'inflammation généralisée, dans le délai de nos observations qui s'arrêtent à la vingt-quatrième ou à la trente-sixième heure. L'ouverture de la cavité, faite à ce moment, a toujours permis de constater la présence d'un exsudat fibrineux englobant l'œil et le fixant par des adhérences lâches, cédant facilement à la pression du doigt. La promptitude avec laquelle se développent ces adhérences rend tout au moins superflu un procédé quelconque de suture. A tout point de vue d'ailleurs, la suture était inutile. Peu m'importait que l'œil fût déplacé dans la cavité par les mouvements de l'animal; je me croyais plus certain d'empêcher l'infection et de respecter l'intégrité de l'œil en évitant les tiraillements et les déformations qui se produisent nécessairement en cas de suture.

Au surplus, mon but n'était point de conserver l'œil en vie, mais d'étudier, ainsi que je viens de le dire, la régénération de l'épithélium cornéen après le grattage.

Goldzieher et Van Dooremal avaient observé la régénération de l'épithélium cornéen sur des fragments de cornée qu'ils implantaient dans la chambre antérieure de l'œil. Les résultats qu'ils obtinrent me parurent assez intéressants pour m'engager à en poursuivre l'étude, non pas sur un lambeau de cornée, mais sur l'œil tout entier. Il m'a paru qu'il y avait grand inconvénient à isoler la cornée; impossible de la détacher de l'œil sans lui enlever sa courbure et sans la placer dans des conditions qui gênent l'observation elle-même. Je croyais respecter mieux les conditions physiques de la survie de l'organe en laissant l'œil intact et en le transplantant en entier.

C'est au cours des expériences entreprises dans ce sens que le Dr Lor et moi constatâmes un fait qui attira notre attention. A notre grande surprise, nous vîmes que l'épithélium cornéen d'une part, et l'endothélium cornéen de l'autre, ne se comportaient pas de la même manière : aux places où l'épithélium avait été gratté, l'endothélium persistait à l'état vivant; au contraire, aux places où l'épithélium avait été laissé, l'endothélium périssait et subissait une desquamation prompte.

Ce phénomène, nouveau pour nous, demandait à être expliqué. Tel est le point de départ des recherches que je publie actuellement. Elles m'ont conduit à attribuer la mort de l'endothélium à un véritable phénomène d'asphyxie. Cette asphyxie, limitée aux régions recouvertes d'épithélium, serait occasionnée par l'obstacle opposé par l'épithélium au passage de l'oxygène du milieu extérieur vers les parties profondes de la cornée,

tandis qu'au niveau des parties dénudées, l'endothélium continuerait à respirer librement. Quant à la question de savoir s'il s'agit ici d'une simple aptitude de l'épithélium à capter l'oxygène au passage ou bien d'une véritable imperméabilité dans le sens physique du mot, ou plutôt encore de la coexistence des deux propriétés, cette question n'est pas résolue.

Voici ce qu'il faut entendre, en physiologie, par cette propriété fondamentale de la substance vivante, dite « imperméabilité ». Tout ce qui vit se nourrit, et l'organisation des êtres vivants est telle que l'on ne conçoit pas la vie sans un échange incessant de matière entre le monde extérieur et l'être vivant lui-même. Mais il ne faudrait pas croire que les organismes vivants se laissent pénétrer par les liquides et par les substances solides dissoutes dans les liquides, comme le ferait un simple corps inerte perméable ou comme ils le font quand ils sont morts. Au moment où des substances dissoutes dans l'eau arrivent en contact avec le protoplasme, celui-ci semble faire un choix, se montre presque absolument imperméable pour telle substance, peu perméable pour telle autre, plus perméable pour une troisième, mais, dans tous les cas, beaucoup moins perméable qu'il ne le serait s'il venait à être tué, c'est-à-dire qu'il offre toujours au moins une certaine imperméabilité aux substances, une imperméabilité relative. Quelques exemples mettront cette propriété du protoplasme en évidence.

La cornée doit sa parfaite transparence à l'imperméabilité que possède, vis-à-vis de l'humeur aqueuse, l'endothélium qui tapisse sa face postérieure. Vient-on à détruire l'endothélium, l'humeur aqueuse peut alors pénétrer dans le parenchyme qu'elle gonfle et qu'elle trouble.

On sait que certaines cellules végétales constituées par une paroi protoplasmique et une vaste vacuole centrale remplie d'un suc cellulaire rouge ne laissent pas passer la moindre quantité de la matière colorante rouge à travers la couche de protoplasme. Mais, dès que le protoplasme est tué, la substance colorante diffuse au dehors. Les cellules cérébrales plongées dans une solution de carmin restent incolores. La mort vient-elle à les frapper, elles se teignent presque instantanément en rouge. Cependant il convient de remarquer qu'on connaît aujourd'hui toute une série de substances qui colorent le protoplasme vivant. Telles sont, entre autres, le bleu de méthylène et le brun de Bismarck. Mais elles ne le pénètrent que lentement et en petite quantité.

La bile séjourne dans la vésicule biliaire sans jamais la traverser, à cause de l'imperméabilité de l'épithélium pariétal de la vésicule; après la mort, la paroi se laisse traverser par la bile qui imprègne en jaune verdâtre les organes voisins. De même l'imperméabilité de l'épithélium vésical empêche l'urine de filtrer à travers la paroi de la vessie.

Le travail actuel fait considérer comme possible l'existence de cette imperméabilité, non pas pour l'eau et pour les substances solides dissoutes dans l'eau, mais pour un gaz, l'oxygène, au moins en ce qui concerne l'épithélium cornéen.

Un premier chapitre rappelle brièvement en quoi consiste le phénomène observé dans la cavité péritonéale et confirme, par de nouvelles expériences, les parties restées hypothétiques dans les conclusions du mémoire publié en collaboration avec le Dr Lor. Le deuxième et le troisième chapitre s'occupent de la cause même du

phénomène. Enfin le quatrième chapitre expose, en même temps que les conclusions, quelques considérations suggérées par les résultats obtenus.

CHAPITRE PREMIER.

Récapitulation du travail antérieur.

Lorsqu'on transplante l'œil d'un jeune lapin en entier dans la cavité péritonéale du même animal vivant, on constate, au bout de vingt-trois heures, si cet œil est recouvert de tout son épithélium cornéen, que la cornée s'est troublée uniformément et s'est fortement épaissie. Au contraire, si l'épithélium est complètement enlevé avant la transplantation, la cornée reste transparente et mince; enfin, si au lieu de laisser ou d'enlever complètement l'épithélium, on ne l'enlève que sur une partie de la cornée, les endroits recouverts se troublent et s'épaississent, tandis que la partie dénudée reste transparente et sensiblement plus mince; l'action de l'épithélium est donc locale et limitée. Le trouble et l'épaississement qui apparaissent au niveau des régions recouvertes d'épithélium sont causés par une imbibition, par un véritable œdème du parenchyme cornéen, sans la moindre infiltration de globules blancs. Cet œdème semble dû à une action double de l'épithélium cornéen qui est resté vivant. D'abord, la présence de l'épithélium occasionne la mort de l'endothélium qui tapisse la face postérieure de la cornée. L'humeur aqueuse n'étant dès lors plus retenue par la barrière endothéliale qui, d'habitude, lui fait obstacle, peut pénétrer dans le parenchyme et ainsi le

gonfler et le troubler. Puis l'épithélium agit sur la quantité d'humeur aqueuse qui infiltre le parenchyme cornéen et fait en sorte qu'elle est plus grande qu'elle ne le serait si, sa première action sur l'endothélium accomplie, il venait brusquement à disparaître. On est porté à supposer que l'épithélium empêche, grâce à son imperméabilité, une partie de l'humeur aqueuse imbibant le parenchyme de ressortir dans la cavité péritonéale, mais ceci n'est qu'une pure hypothèse.

Du reste, déjà pour la première action, s'il est certain que l'endothélium meurt au niveau des parties recouvertes d'épithélium et qu'en ces endroits le parenchyme se trouble et se gonfle, l'ordre de succession de ces deux phénomènes n'est pas démontré, car au bout de vingt-trois heures on les constate toujours simultanément. L'origine du liquide qui imbibe la cornée n'est pas élucidée non plus. La manière de voir, indiquée plus haut, a été admise parce que l'on sait, depuis Leber (1), que la chute de l'endothélium ou plutôt son enlèvement mécanique provoque rapidement le gonflement de la cornée par pénétration de l'humeur aqueuse dans le parenchyme, tandis que la présence de l'endothélium vivant empêche le phénomène de se produire à cause de l'imperméabilité de ce revêtement. Il est vrai que le liquide infiltré dans la cornée ne peut guère être fourni que par l'humeur aqueuse, la sérosité péritonéale qui baigne la face externe de la cornée ayant déjà très peu de tendance à pénétrer dans le parenchyme dénudé et *a fortiori* dans le parenchyme recouvert de son épithélium imperméable.

---

(1) Leber, *Studien über den Flüssigkeitswechsel im Auge.* (Graefe's Arch., Bd XIX, Heft 2, 1873.)

Cependant M. le professeur Nuel (1), se basant sur des constatations faites par Cornil et par lui-même (2), au sujet de la grande altérabilité de l'endothélium cornéen de l'œil énucléé, suppose que l'endothélium, tout en restant vivant au début, subit une altération qui diminue son imperméabilité, d'où passage d'une certaine quantité d'humeur aqueuse dans le parenchyme cornéen. Lorsque l'œil est débarrassé de son épithélium, l'humeur aqueuse peut ressortir en grande partie dans la cavité péritonéale, mais, lorsque l'épithélium a été conservé, l'humeur emprisonnée s'accumule dans le parenchyme, trouble la nutrition de l'endothélium cornéen et le détruit. Pour M. le professeur Nuel, par conséquent, l'imbibition et le trouble cornéens précéderaient la mort de l'endothélium et en seraient la cause.

Afin de connaître l'ordre de succession véritable des deux phénomènes, de nouvelles expériences ont été instituées dans lesquelles le temps de séjour dans la cavité péritonéale a été graduellement réduit de manière à déterminer l'espace de temps au bout duquel l'un des deux phénomènes s'est déjà accompli, alors que l'autre n'a pas encore pu se produire. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

---

(1) Nuel, *Rapport sur le travail de MM. Lor et Bullot intitulé : « De l'influence exercée par l'épithélium de la cornée sur l'endothélium et le tissu cornéens de l'œil transplanté. »* (Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique, séance du 27 mai 1899.)

(2) Nuel et Cornil, *Sur la structure de l'endothélium cornéen.* (Archives de biologie, 1890.)

TABLEAU I.

Temps de séjour dans la cavité péritonéale.	Nombre des cas.	État de l'endothélium.	Transparence.
6 heures.	4	Vivant presque en totalité.	Transparence parfaite
6 h. 30 m.	4	Tué en partie.	Transparence parfaite ou opacités par places.
7 heures.	6	Tué en grande partie.	Opacités par places.
8 heures.	6	»	Opacités par places; une fois transparence parfaite.
10 heures.	2	Tué en totalité.	Trouble léger généralisé
11 heures.	1	»	»
12 heures.	2	»	»
15 heures.	2	»	»

On voit que c'est après la sixième heure (pl. fig. A1) que la desquamation commence à se faire d'une manière nette; qu'au bout de sept à huit heures (pl. fig. A2), la desquamation endothéliale est déjà très avancée, et qu'elle est complète au bout de la dixième heure (pl. fig. A3 et A4); on voit encore que le trouble du parenchyme cornéen se constate, dans la plupart des cas, en même temps que la desquamation, même quand celle-ci n'est encore que partielle, le trouble étant alors également

partiel ; que cependant, dans deux cas où la cornée était transparente, la desquamation s'était déjà faite sur une grande étendue ; que jamais le trouble le plus léger ne se constate sans desquamation ; qu'enfin, dans les desquamations partielles, la région troublée est souvent beaucoup moins étendue que la desquamation. On peut en conclure que la desquamation précède l'infiltration. Et, si l'on ne peut le constater que très rarement, cela n'a rien qui doive étonner. Leber (1) a montré, en effet, que le trouble qui succède au grattage mécanique survient très rapidement et que, après une demi-heure déjà, le parenchyme a considérablement gonflé. Dans ces conditions, il est difficile d'arriver au moment précis où l'endothélium est déjà mort et où l'imbibition n'a pas encore eu lieu.

Plusieurs faits peuvent, du reste, être invoqués contre l'explication de M. le professeur Nuel, tant en ce qui concerne l'existence de l'imbibition supposée par lui que l'influence nuisible qu'une telle imbibition pourrait avoir sur la vitalité de l'endothélium.

1° L'œil recouvert de son épithélium, maintenu pendant vingt-quatre heures à l'étuve dans l'air humide, présente, au bout de ce temps, une cornée mince et transparente et un endothélium parfaitement vivant. Cependant ici, d'après l'hypothèse de M. Nuel, l'imbibition du parenchyme par l'humeur aqueuse aurait dû se faire également et déterminer la mort de l'endothélium.

2° L'endothélium qui a subi une perte de substance se régénère très bien, malgré le gonflement cornéen qui succède à la blessure. Ainsi, au moins pour l'œil non

---

(1) Leber, *loc. cit.*

énucléé, le gonflement ne nuit pas à la vitalité des cellules endothéliales.

3° Si l'on injecte, à l'aide d'une seringue de Pravaz, de l'humeur aqueuse ou plutôt de la solution physiologique à 0.8 °/₀ dans le parenchyme cornéen, de manière à l'opacifier et à le gonfler considérablement dans les diverses régions où l'on fait les injections, on constate, après vingt-quatre heures de séjour à l'étuve, que l'endothélium est resté vivant en totalité (six cas). Il est vrai que la cornée a recouvré sa transparence et que, si elle est toujours épaissie, elle ne l'est plus que peu et uniformément. Néanmoins ces résultats semblent bien montrer que le parenchyme cornéen de l'œil énucléé peut être imbibé dans des proportions considérables, sans que cela nuise à la vitalité de l'endothélium.

Les conclusions du travail de Lor et Bullot sont donc maintenues. On peut les exprimer en disant :

Le parenchyme cornéen de l'œil transplanté ne tarde pas à subir une infiltration qui se traduit objectivement par du trouble et du gonflement.

Ces effets ne s'observent que dans les parties de la cornée qui sont recouvertes de leur épithélium; si celui-ci a été préalablement enlevé par grattage, il n'y a ni trouble ni gonflement au niveau de l'érosion.

L'action de l'épithélium est double : en premier lieu, il exerce une influence destructrice sur l'endothélium, dont la chute permet à l'humeur aqueuse de s'infiltrer dans le parenchyme de la cornée; en second lieu, l'épithélium paraît favoriser l'infiltration en formant une barrière qui empêche une partie de l'humeur aqueuse imbibant le parenchyme d'être éliminée par la surface et de passer dans la sérosité péritonéale qui entoure l'œil.

Le présent mémoire s'occupe uniquement de rechercher la cause de l'action nuisible exercée par l'épithélium sur l'endothélium cornéen de l'œil transplanté.

Il est inutile d'entrer ici dans les détails relatifs à la technique opératoire et à la méthode de coloration; le lecteur voudra bien les trouver dans le travail de Lor et Bullot où elles ont été complètement exposées.

CHAPITRE II.

Hypothèse.

Quand on énuclée un œil, on le soustrait à l'action du sang circulant. Le sang a une triple fonction dans les actes de la nutrition intime des tissus. D'une part, il apporte les substances nutritives qui sont destinées aux combustions organiques; d'autre part, il fournit l'oxygène indispensable à ces mêmes combustions. Enfin il emporte, ainsi que la lymphe, les produits de déchets qui résultent de ce chimisme organique. Aussi, à partir du moment où l'œil est énucléé, ne peut-il plus utiliser, pour entretenir la vitalité de ses tissus, que les quantités limitées de substances nutritives et d'oxygène qui se trouvent dans son intérieur, à moins que d'autres ne lui soient fournies par le milieu extérieur, la pénétration de ces dernières se faisant alors par diffusion. De leur côté, les produits de déchets ne peuvent plus s'éliminer, à moins qu'ils ne sortent de l'œil, également par diffusion, à travers ses différentes membranes.

Pour arriver jusqu'à l'endothélium cornéen, les substances extérieures doivent traverser à la fois l'épithélium et le parenchyme cornéens. On peut se demander, dès

lors, si l'imperméabilité bien connue de l'épithélium cornéen pour l'eau et pour les substances dissoutes dans l'eau n'empêche pas ces substances d'arriver jusqu'à l'endothélium qui, ayant épuisé les réserves situées à l'intérieur de l'œil, ne tarde pas à périr. Au contraire, si l'épithélium a été préalablement enlevé, ces substances peuvent pénétrer en quantité suffisante pour entretenir la vitalité de l'endothélium. Dans cette hypothèse, l'action nuisible de l'épithélium est simplement l'effet d'une imperméabilité qu'il posséderait pour des substances extérieures nécessaires au maintien de la vie de l'endothélium. Mais est-ce le défaut d'oxygène ou bien le défaut de substances nutritives qui se fait ainsi sentir? D'après l'état de nos connaissances sur ce sujet, on est immédiatement porté à croire que c'est bien plus le défaut d'oxygène qui détermine la mort de l'endothélium, et qu'il s'agit ici d'un phénomène d'asphyxie, non d'inanition; car, tant pour les cellules que pour les organismes supérieurs, l'absence d'oxygène dans le milieu extérieur amène bien plus rapidement la mort que l'absence d'aliments. Un mammifère privé d'oxygène succombe en quelques minutes, alors qu'il peut résister pendant de longs jours au manque de nourriture. Cela tient sans doute à ce que les organismes, d'ordinaire, n'ont guère de réserve d'oxygène, tandis que, s'ils sont privés d'aliments, ils trouvent, à défaut de réserves alimentaires proprement dites, telles que la graisse et le glycogène, une réserve dans leur substance protoplasmique même, dont ils peuvent consommer une partie avant de succomber. Cette différence se comprend si l'on se place à un point de vue téléologique. Des deux espèces de matériaux dont les êtres vivants ont besoin,

oxygène et substances nutritives, les substances nutritives sont de beaucoup les plus rares. L'oxygène existe partout dans l'air et dans l'eau en mouvement, et, en quelque endroit que les êtres vivants se trouvent à la surface de la terre, l'oxygène leur est à tous les instants fourni en quantité suffisante. Il est donc inutile que les organismes l'accumulent en eux sous forme de réserves. Les substances alimentaires, au contraire, leur font très souvent défaut. Aussi est-il avantageux, pour qu'ils puissent traverser les périodes de disette, qu'ils aient des réserves alimentaires. Dans le cas particulier de l'endothélium cornéen, l'expérience confirme la manière de voir émise plus haut, et montre que ce n'est pas le défaut de substances alimentaires de l'extérieur qui fait périr l'endothélium. En effet, si l'on place un œil de jeune lapin, recouvert de tout son épithélium, à l'étuve chauffée à une température de 36° à 38°, dans une atmosphère close d'air humide de 500 centimètres cubes environ de volume, on voit, au bout de vingt-trois heures, que la cornée est restée parfaitement transparente et mince, et que non seulement l'épithélium est vivant, mais que l'endothélium a également conservé sa vitalité dans toute son étendue : traité par le bleu de méthylène de la façon indiquée dans le travail antérieur, il reste incolore, à part, çà et là, un petit îlot qui prend la coloration bleue (fig. C 1). Du reste, le simple fait qu'on retrouve l'endothélium adhérent presque totalement à la face postérieure de la cornée, prouve déjà qu'il est vivant; car les revêtements cellulaires morts, dès la première heure, se détachent de leur substratum et se desquament. L'image que l'on obtient est, en tout point, semblable à celle que fournit l'application du bleu sur la

cornée fraîche de l'œil normal détachée immédiatement après l'énucléation. L'expérience répétée cinq fois a donné des résultats identiques.

Mais, dira-t-on, s'il est vrai que l'action nuisible de l'épithélium ne peut ainsi être attribuée à son imperméabilité aux substances nutritives venant de l'extérieur, il semble qu'elle ne peut pas non plus être attribuée à une imperméabilité à l'oxygène, puisqu'ici, l'épithélium ayant été maintenu en totalité, l'endothélium n'en est pas moins resté vivant. Cependant il y a lieu de remarquer que l'imperméabilité des tissus vivants est toujours une imperméabilité relative et non absolue : l'obstacle que l'épithélium cornéen oppose, par exemple, au passage des matières colorantes dissoutes n'est pas complètement infranchissable, et celles-ci finissent par cheminer en petite quantité à travers sa substance. Cette relativité étant admise pour l'oxygène, on en conclura qu'il passera à travers l'épithélium en quantité d'autant plus grande qu'il se trouvera à un état de tension plus élevée dans le milieu extérieur. Or la tension de l'oxygène dans le liquide péritonéal n'est pas supérieure à celle du sérum sanguin qui, à l'état de saturation, en contient 3 °/₀ en volume, tandis que l'air en contient 20 °/₀, c'est-à-dire presque sept fois plus. Dès lors, il se peut que la quantité d'oxygène qui passe à travers l'épithélium, lorsque l'œil est dans l'air, soit encore suffisante pour entretenir la vitalité de l'endothélium, alors qu'elle est trop faible lorsqu'il baigne dans la sérosité péritonéale.

En résumé, on dira :

L'action nuisible exercée par l'épithélium sur l'endothélium cornéen de l'œil transplanté ne peut-elle être due à ce que l'épithélium cornéen, en vertu d'une imperméabilité

relative à l'oxygène, empêche l'oxygène du milieu extérieur d'arriver, en quantité suffisante, jusqu'à l'endothélium qui meurt par asphyxie dans l'œil transplanté?

Telle est l'hypothèse qu'il s'agit maintenant de soumettre au contrôle de l'expérimentation. On verra que les résultats des recherches entreprises dans ce but se sont trouvés d'accord avec l'hypothèse qui les a suggérées, et que tout se passe comme si elle était l'expression même de la réalité.

CHAPITRE III.

Vérification expérimentale.

Dans l'hypothèse émise précédemment, on admet d'une part que l'épithélium, pour vivre pendant le laps de temps que dure l'expérience, n'a pas assez de la quantité d'oxygène contenue dans l'intérieur de l'œil, et qu'il lui faut une certaine quantité d'oxygène venant de l'extérieur; et, d'autre part, on suppose que l'épithélium empêche l'oxygène extérieur de pénétrer dans l'intérieur de l'œil comme celui-ci le ferait si l'épithélium était enlevé. Cette hypothèse ne sera justifiée que si l'expérience vérifie l'exactitude de ces deux propositions. Pour voir si la présence ou l'absence d'oxygène dans le milieu extérieur a de l'influence sur l'état de l'endothélium, il faut pouvoir modifier la teneur en oxygène du milieu extérieur. Cela n'est guère réalisable en opérant dans la cavité péritonéale, mais deviendrait aisé si l'on plaçait l'œil *in vitro*. On cherchera donc d'abord à reproduire le phénomène constaté dans la cavité péritonéale *in vitro*, dans un milieu renfermant de l'oxygène. Ce premier résultat obtenu, on étudiera les effets de la suppression de l'oxygène dans le milieu extérieur.

Deux méthodes ont été employées. Dans la première, l'œil est immergé dans du sérum sanguin; dans la seconde, il séjourne dans un mélange gazeux contenant de l'oxygène en proportions variables.

§ 1er. — Première méthode.

IMMERSION DANS DU SÉRUM SANGUIN.

La première méthode n'a donné que des résultats incomplets; l'infection qui survient, dans le plus grand nombre des cas, rend cette méthode peu pratique; aussi a-t-elle été abandonnée avant qu'on ait abordé l'étude de la manière d'être de l'endothélium dans le sérum privé d'oxygène. Il convient cependant d'en parler parce que, dans les quelques cas où il n'y a pas eu d'infection, elle a montré que le phénomène constaté dans la cavité péritonéale pouvait se reproduire *in vitro*. De plus, il est probable qu'on éviterait souvent les inconvénients de l'infection si, au lieu de prolonger l'expérience jusqu'à la quatorzième ou la vingt-troisième heure, on réduisait sa durée à dix heures, temps au bout duquel le phénomène s'est déjà produit dans la cavité péritonéale.

La méthode consiste à suspendre un œil intact et un œil privé de son épithélium dans du sérum sanguin constamment aéré, à une température de 35° à 38°, pendant une durée de quatorze à vingt-trois heures, puis à placer, de même, un œil intact et un œil raclé dans du sérum sanguin complètement privé de son oxygène par un léger échauffement dans le vide. Voici la description de l'appareil employé pour aérer le sérum ainsi que celle du procédé opératoire.

A. — *Description de l'appareil* (fig. 1, ci-dessous).

Il se compose de trois pièces principales :

1° Un flacon A rempli d'eau bouillie et placé sur l'étuve. Il est d'une capacité de 3 litres et présente, indépendamment de son orifice supérieur, une tubulure à sa partie inférieure.

2° Un grand ballon B rempli d'air et placé à côté de l'étuve. Il est de plus de 3 litres de capacité.

3° Un récipient cylindrique C contenant le sérum sanguin et placé dans l'étuve. Sa capacité est de 50 centimètres cubes environ. Il est muni d'un bouchon dans lequel sont fixés deux crochets de verre.

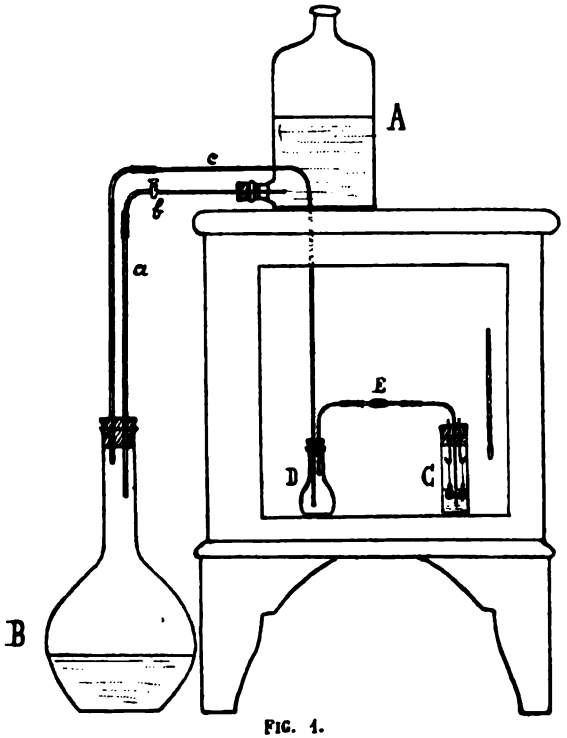


FIG. 1.

Le flacon A, par sa tubulure inférieure, est mis en communication avec le ballon B à l'aide d'un tube de verre *a*, d'un diamètre de 5 millimètres, fermé dans la première partie de son trajet par un robinet *b*. Le ballon B, obturé par un bouchon de caoutchouc à fermeture hermétique, est, en outre, mis en communication avec le récipient C au moyen d'un second tube de verre *c* pénétrant dans l'étuve par l'orifice du thermomètre que l'on a enlevé et placé à l'intérieur de l'étuve. L'extrémité effilée de ce tube pénètre jusqu'au fond du récipient C. Sur son trajet dans l'étuve se trouvent interposés un ballon D vide et une petite ampoule E bourrée d'ouate. Lorsqu'on veut faire passer le courant d'air, on ouvre modérément le robinet *b*, l'eau du flacon A tombe goutte à goutte par l'extrémité du tube *a* dans le ballon B, chasse de ce ballon un égal volume d'air par le tube *c*, lequel, en arrivant plus tard dans le ballon D, s'y échauffe à la température de l'étuve, puis se stérilise en traversant l'ampoule E, et enfin arrive barboter dans le sérum du récipient C par l'extrémité effilée du tube. Lorsque l'écoulement est réglé à raison de quinze gouttes par minute, ce qui, étant donné le calibre du tube, représente 2 centimètres cubes, l'appareil peut fonctionner pendant plus de vingt-quatre heures sans qu'il faille renouveler l'eau du flacon.

Un écoulement de quatre ou cinq gouttes donne périodiquement lieu à un échappement d'air dans le sérum sous forme de nombreuses petites bulles. Il faut que l'eau du flacon A soit bouillie, car l'eau non bouillie dégageant des bulles d'air contre la paroi du tube *a*, ces bulles peuvent s'accumuler devant le robinet *b* et arrêter ainsi le fonctionnement de l'appareil. L'écoulement doit être de douze à quinze gouttes par minute au minimum.

Un débit moindre amènerait, au bout d'un certain temps, une interruption dans le fonctionnement. L'écart entre les pressions exercées à l'extrémité inférieure du tube *a*, quand le réservoir A est à l'état de réplétion ou de vacuité, s'accuse par une différence de deux gouttes par minute, différence en somme peu sensible, puisque, si l'écoulement est de quinze gouttes quand le réservoir est plein, il est encore de treize gouttes quand le réservoir est presque vide.

B. — *Procédé opératoire.*

Le sérum du récipient C est fourni par l'animal dont on emploie les yeux. Le lapin étant morphiné, on recueille son sang dans un vase aseptique à l'aide d'une canule introduite dans l'une des carotides. Lorsque le sang ne s'écoule presque plus, on fait la ligature de l'artère et on suture la peau. Le lapin reçoit alors une injection sous-cutanée de 30 centimètres cubes de solution physiologique tiède. Il passe ainsi la nuit et, le lendemain, il est sacrifié après morphinisation. Les yeux sont énucléés avec les précautions aseptiques ordinaires; l'un d'eux est alors complètement débarrassé de son épithélium cornéen par le raclage, tandis que l'autre est laissé intact.

Pour suspendre les yeux dans le récipient à sérum C, on fixe dans le tronçon du nerf optique de chacun d'eux une épingle courbée en S qu'un fil rattache aux crochets de verre qui traversent le bouchon du récipient. On verse dans celui-ci, après stérilisation, le sérum provenant de la coagulation du sang recueilli la veille, et l'on immerge complètement les yeux dans ce liquide en imprimant un

mouvement de descente aux crochets de verre. Pour être submergés, les yeux doivent descendre jusque près du fond du vase, car la quantité de sérum recueilli n'est jamais bien considérable, 20 à 25 centimètres cubes environ. On dispose l'appareil de manière que l'orifice étroit du tube d'aération se trouve à un niveau inférieur à celui des yeux qui, tous deux, sont suspendus à une même hauteur. L'étuve étant réglée pour une température de 35° à 38°, il ne reste plus qu'à mettre en marche l'appareil à dégagement d'air en tournant le robinet *b*. Au bout d'un temps variable, le plus souvent vingt-trois heures, une fois quatorze heures et une autre fois six heures, on retire les yeux et l'on examine leurs cornées au point de vue de la transparence; puis on colore la face épithéliale des cornées à l'aide de carmin boracique, la face endothéliale à l'aide de bleu de méthylène, comme il a été indiqué dans le travail antérieur. Le carmin et le bleu ne colorent que les parties dont le revêtement cellulaire est mort ou desquamé.

Avant d'être utilisés, le flacon C et ses pièces accessoires sont l'objet d'un traitement aseptique.

C. — *Résultats.*

Le plus souvent, le sérum se putréfie et détermine ainsi la mort de l'épithélium et de l'endothélium, quel que soit le cas considéré. Sur huit expériences, dont six ont duré vingt-trois heures, une quatorze heures et une autre six heures, il y a eu, dans cinq cas, tous de vingt-trois heures de durée, putréfaction complète du liquide séreux et, dans ces cinq cas, l'emploi de la méthode colorante a permis de constater la desquamation totale de l'épithélium

et de l'endothélium. Cependant, dans les trois cas où il n'y a pas eu de putréfaction, l'œil à épithélium intact a présenté une cornée trouble et un épithélium vivant. Son endothélium était totalement desquamé, aussi bien après quatorze heures (pl. fig. B1) qu'après vingt-trois heures; il était complètement coloré après six heures; dans ce dernier cas, des lambeaux bleus d'endothélium se détachèrent par places. L'œil à épithélium raclé a présenté, au contraire, chaque fois, un endothélium vivant sur presque toute son étendue (pl. fig. B2).

Le phénomène constaté dans la cavité péritonéale peut donc se reproduire in vitro, *à l'étuve, quand on immerge les yeux dans du sérum sanguin aéré.*

Malgré l'obtention de ce premier résultat, le procédé fut abandonné à cause de la fréquence des putréfactions. Il fut remplacé par une autre méthode que suggérèrent les résultats obtenus en plaçant l'œil dans l'air humide, à l'étuve, résultats qui permettaient de croire qu'on éviterait ainsi la putréfaction.

§ 2. — Deuxième méthode.

IMMERSION DANS DES MÉLANGES GAZEUX.

Comme on l'a vu plus haut, l'œil qui séjourne pendant vingt-trois heures dans l'air humide, à une température de 35° à 38°, conserve une cornée d'une transparence parfaite, dont l'endothélium est vivant ainsi que l'épithélium. La vie de l'endothélium s'étant maintenue indépendamment de tout apport nutritif provenant du milieu extérieur, la présence du sérum n'est pas indispensable et rien n'empêche de continuer les recherches dans un milieu simplement gazeux. Il est vrai que, lorsque l'œil

séjourne dans l'air, l'action de l'épithélium ne se produit pas, mais il y a lieu de voir si cette action n'apparaîtrait pas dans un air dont la tension serait diminuée par mélange avec un gaz inerte.

L'avantage de la suppression du sérum serait vraisemblablement d'éviter l'infection généralisée, car elle ne se présente jamais sur l'œil placé dans l'air humide. Si quelques colonies se développent sur la coque oculaire, leur action est nettement limitée à la place étroite qu'elles occupent. Au contraire, lorsque l'œil est immergé dans le sérum, quelques microbes suffisent à infecter toute la masse liquide et à produire la putréfaction totale de l'œil.

De plus, par l'emploi d'un milieu gazeux, on évite toute action du liquide extérieur sur l'œil, ce qui simplifie les conditions expérimentales et diminue les causes d'erreur.

EXPOSÉ DE LA MÉTHODE.

La méthode consiste donc à placer un œil intact et un œil privé de son épithélium dans des mélanges en proportions variables d'air et d'un gaz inerte, tel que l'hydrogène, et à rechercher si, dans l'un de ces mélanges, le phénomène constaté dans la cavité péritonéale ne se reproduirait pas; elle consiste ensuite à mettre deux autres yeux préparés de la même façon dans l'hydrogène pur ou presque pur, pour savoir si l'endothélium ne périrait pas sur chacun d'eux. Pour réaliser pratiquement cette méthode, le mélange gazeux fut recueilli sous l'eau dans un flacon renversé, et l'œil fut introduit dans ce dernier en passant sous l'eau. Mais de nouvelles infections généralisées dues au contact momentané de l'eau se produi-

sirent et il fallut mettre l'œil à l'abri, en le garnissant d'un petit capuchon de verre qui fonctionnait comme une cloche à plongeur pendant son trajet dans l'eau. Il arrivait ainsi dans le flacon sans avoir été touché par une seule goutte de liquide. Dans ces conditions, les putréfactions généralisées furent pour toujours évitées.

Quelques détails sur le dispositif employé et sur le procédé opératoire sont maintenant nécessaires.

A. *Description du dispositif.* — Le dispositif finalement employé comprend un appareil à dégagement d'hydrogène, un flacon de verre, un appareil de fixation et un appareil de protection de l'œil.

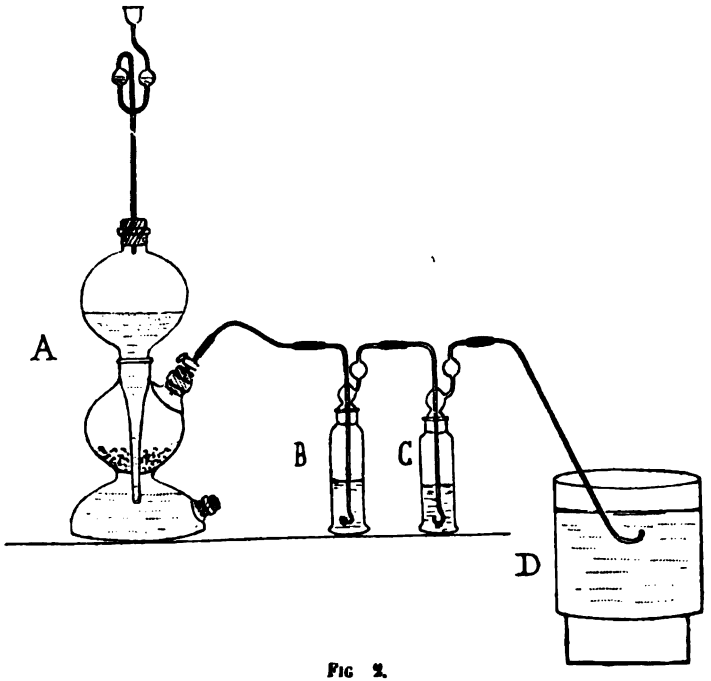


Fig 2.

1. *Appareil à dégagement d'hydrogène* (fig. 2, ci-dessus). — La partie essentielle est un appareil de Kipp A. Il y a en outre deux flacons laveurs B et C, et une cuve D. Le flacon B contient une solution étendue de sulfate de cuivre. Le flacon C contient de l'eau. La cuve D mesure 25 centimètres de diamètre et 30 centimètres de hauteur, dimensions suffisantes pour permettre les diverses manipulations que l'on doit y effectuer. Elle est remplie d'une solution d'acide borique à 4 %.

L'appareil de Kipp est relié au flacon B qui communique d'autre part avec le flacon C. Le flacon C est pourvu d'un tube coudé qui plonge dans la solution boriquée de la cuve D.

Le dégagement d'hydrogène est produit dans l'appareil de Kipp par l'action de l'acide sulfurique chimiquement pur dilué au sixième sur le zinc en grenaille dit chimiquement pur, action qu'il convient d'exciter par l'addition d'un peu de sulfate de cuivre. L'hydrogène passe de là dans le flacon B où il se débarrasse des dernières traces d'hydrogène arsénié qui auraient pu s'échapper de l'appareil de Kipp. Il arrive ensuite dans le flacon C où il subit un dernier lavage et finalement est conduit sous l'eau de la cuve D.

2. *Flacon* (fig. 3, A, ci-après). — Le flacon de verre, gradué au crayon gras, est à large goulot. Il mesure une capacité de plus de 1 litre. Cette capacité est suffisante, semble-t-il, pour que l'appauvrissement du mélange gazeux en oxygène, occasionné par la respiration élémentaire des tissus de l'œil, ne diminue pas d'une façon trop marquée la proportion d'oxygène contenue dans le mélange gazeux.

Il est muni d'un gros bouchon obturateur B en liège.

3. *Appareil de fixation* (fig. 3, C, ci-après). — Il se compose : 1° d'un petit bouchon *a* dont la face supérieure est creusée en cupule; 2° d'un fil de maillechort *b* traversant le bouchon près de la face inférieure et parallèlement à celle-ci, et se redressant, de chaque côté du bouchon, en deux tiges verticales et parallèles dont la distance est égale au diamètre intérieur de la cloche protectrice dont il sera question plus loin; 3° d'une tige rigide de cuivre *c* dont l'extrémité supérieure, piquée dans le petit bouchon, supporte ce dernier.

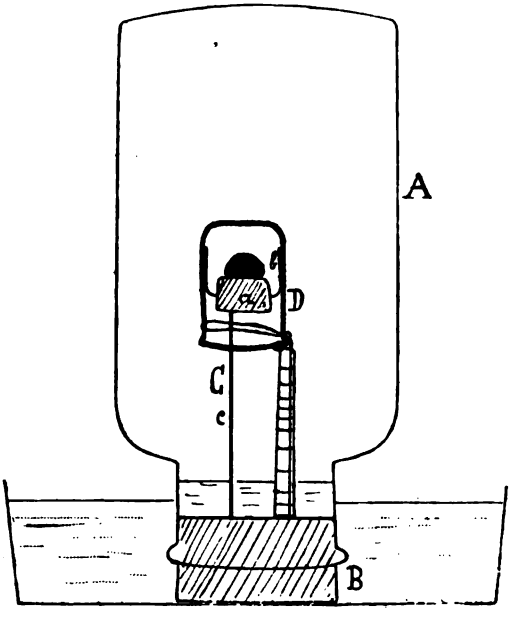


FIG. 3.

4. *Appareil de protection* (fig. 3, D, ci-dessus). — Sa partie principale est un petit godet de verre cylindrique de 15 centimètres cubes de capacité environ, présentant un petit rebord. Il est supporté, dans la position renversée, par un fil de maillechort qui l'entoure près du rebord. Le fil est fixé à ce niveau à l'aide d'un nœud dont un des chefs, long de plus de 10 centimètres, constitue la tige de soutien de la cloche que l'on renforce à l'aide d'une baguette de bois. L'autre chef, très court et recourbé en crochet, contourne le rebord. Il en résulte que le godet ne peut glisser hors de l'anneau : ses mouvements, dans un sens, sont arrêtés par le crochet, et, dans l'autre sens, par l'anneau même qui, plus étroit que le rebord, s'oppose à son passage.

B. *Procédé opératoire.* — Lorsqu'on veut expérimenter, on commence par préparer le support en piquant le bouchon *a* à l'une des extrémités de la tige de cuivre *c* et en enfonçant l'autre extrémité de cette tige verticalement dans le gros bouchon B. Puis on énuclée l'œil sur l'animal sacrifié et on le dépose, la cornée tournée vers le haut, dans la cupule du bouchon *a*. On recouvre l'œil du capuchon de verre que les deux tiges verticales de maillechort maintiennent à distance de l'œil, et l'on enfonce l'extrémité de sa tige verticalement dans le bouchon B. Il faut l'enfoncer jusqu'à ce que la face inférieure du petit bouchon ait remonté au-dessus du rebord du capuchon d'au moins $^1/_2$ centimètre.

On procède alors à la confection du mélange gazeux. On renverse le grand flacon sur la cuve. A l'aide d'un tube de verre coudé dont une des branches, introduite

dans le flacon, doit atteindre le fond de ce dernier, on aspire l'air du flacon jusqu'à ce que le liquide soit arrivé au niveau nécessaire pour la confection du mélange que l'on se propose d'obtenir.

Par exemple, pour un mélange de six parties d'hydrogène et d'une partie d'air, il faut faire remonter l'eau jusqu'à ce qu'elle occupe les six septièmes du flacon. On retire alors le tube coudé et l'on fait arriver l'hydrogène dans le flacon. Les bulles de gaz, au fur et à mesure de leur dégagement, refoulent progressivement le liquide. On arrête lorsque le niveau du liquide est descendu jusqu'à la partie supérieure du goulot.

Le mélange gazeux étant ainsi préparé, on procède à l'introduction de l'œil dans le flacon. On continue à tenir ce dernier immobile sur l'eau, à l'aide d'une main, et l'on saisit, de l'autre main, le bouchon obturateur B avec l'appareil qu'il supporte. On enfonce ce bouchon dans l'eau de la cuve en maintenant l'appareil dans une position verticale, jusqu'à ce que le fond du capuchon soit arrivé en dessous du rebord du flacon. Pendant la descente, l'air emprisonné sous le capuchon empêche le liquide de la cuve d'arriver jusqu'à l'œil, car ce liquide ne remonte que de 2 ou 3 millimètres à l'intérieur du capuchon. On imprime alors un mouvement d'ascension verticale à l'appareil, de manière à engager le bouchon dans le goulot du flacon ; lorsque le bouchon B est arrivé en contact avec le goulot, on l'y enfonce et l'on ferme avec soin. Comme le liquide du flacon n'a pas été évacué complètement, le bouchon est recouvert d'une couche d'eau de 1 à 2 centimètres d'épaisseur, qui empêche tout échange entre l'atmosphère et les gaz de l'intérieur,

lorsque la fermeture du bouchon n'est pas complètement hermétique. L'introduction du capuchon dans le flacon ajoute au mélange gazeux environ 12 centimètres cubes d'air, quantité dont on peut tenir compte, lorsqu'on fait le mélange, bien qu'elle soit très faible par rapport au volume total (un centième). Il est évident que le mélange de cet air avec les gaz du flacon se fait rapidement et que l'œil est bientôt plongé dans une atmosphère représentant le mélange lui-même. Le flacon, toujours renversé, est alors déposé sur une cuvette renfermant assez d'eau pour que le goulot soit complètement submergé et est mis à l'étuve chauffée à une température de 35° à 38°. Pendant le séjour à l'étuve, l'eau qui occupe le goulot est peu à peu refoulée au dehors par la pression du mélange gazeux qui se dilate sous l'influence de la chaleur. Au bout d'un temps de quinze ou de vingt-trois heures environ, on retire l'œil du flacon, on l'examine, puis on colore la face externe de sa cornée au carmin et la face interne au bleu de méthylène, suivant la méthode habituelle. Avant l'emploi, le flacon, les appareils de protection et de fixation de l'œil et la cuve sont l'objet de soins aseptiques et antiseptiques. Les bouchons et l'appareil de protection sont chaque fois bouillis à l'eau. Le flacon est immergé dans une solution de formol à 2 %. Au moment où l'on doit s'en servir, il est simplement rincé à l'eau de la ville.

La solution d'acide borique à 4 % qui remplit la cuve est renouvelée chaque fois que des mycéliums de champignons commencent à s'y développer. Le petit bouchon qui supporte l'œil est chaque fois renouvelé avec son armature en fil de maillechort.

Les premières expériences eurent une durée de vingt-trois heures. Mais, pour une raison qui sera indiquée plus loin, cette durée fut bientôt réduite à quinze heures, temps au bout duquel, ainsi qu'on l'a vu, l'action de l'épithélium s'est déjà manifestée dans la cavité péritonéale.

RÉSULTATS.

I. Séjour dans l'air ordinaire. — *Lorsque l'œil séjourne dans l'air ordinaire, l'épithélium n'a pas d'action sur l'endothélium. Celui-ci reste vivant tant sur l'œil intact que sur l'œil privé de son épithélium.*

On se rappelle que l'œil que l'on place dans une atmosphère humide et close d'air ordinaire, à une température de 35° à 38°, pendant une durée de quinze ou vingt-trois heures, présente, au bout de ce temps, une cornée parfaitement transparente et mince dont l'épithélium et l'endothélium sont vivants dans toute leur étendue (pl. fig. C1). Le fait a été vérifié sur six yeux. Dans quatre cas, l'expérience a été de vingt-trois heures environ, et dans les deux autres elle a été de quinze heures.

Si l'œil est préalablement débarrassé de son épithélium, il conserve de même une cornée transparente et mince dont l'endothélium reste partout vivant (pl. fig. C2). L'expérience, répétée cinq fois, a toujours eu une durée moyenne de quinze heures.

II. Séjour dans un mélange de 4 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air. — *Lorsque l'œil séjourne dans*

un mélange de 4 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air, l'épithélium n'a pas d'action sur l'endothélium. Celui-ci reste vivant aussi bien sur l'œil intact que sur l'œil privé de son épithélium.

Sur six yeux avec épithélium intact, quatre sont restés à l'étuve pendant vingt-trois heures. Parmi ceux-ci, trois conservent un endothélium vivant au centre et desquamé sur une large zone périphérique limitée par un bord très net; le quatrième présente une desquamation endothéliale totale. Les deux autres, qui ont été retirés au bout de quinze heures, ne montrent qu'une zone de desquamation périphérique assez étroite et un léger piqueté central (pl. fig. C3). Dans les six cas, l'épithélium est encore vivant et, partout où l'endothélium se maintient, la cornée est transparente et mince ; ailleurs elle est épaissie et trouble. Les deux yeux dont l'épithélium a été préalablement raclé, sont restés vingt-trois heures à l'étuve. Ils ont un endothélium partout vivant, si ce n'est sur une zone périphérique étroite (pl. fig. C4). L'endothélium de l'un d'eux laisse voir un léger piqueté par places. Ici, de même, la cornée est transparente et mince partout où l'endothélium se maintient.

III. Séjour dans un mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air. — *Dans un mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air, l'action de l'épithélium sur l'endothélium apparaît. Celui-ci meurt sur l'œil intact, alors qu'il reste vivant sur l'œil privé de son épithélium. L'action nuisible de l'épithélium, constatée dans la cavité péritonéale, se trouve ainsi réalisée* in vitro.

Au bout de vingt-trois heures, la cornée de l'œil intact

présente un trouble et un épaississement généralisés prononcés; son épithélium est vivant, mais son endothélium a complètement disparu (pl. fig. C5). La cornée de l'œil raclé est partout transparente, sauf à la périphérie, où l'on voit un liséré légèrement trouble (pl. fig. C6). Son endothélium, qui subsiste au centre, a disparu sur une zone périphérique plus ou moins large, à bord très net. La netteté de ce bord permettant de supposer que la desquamation est le résultat de l'action d'une substance nuisible diffusant petit à petit du corps ciliaire, la durée du séjour à l'étuve fut réduite dans le but de diminuer l'étendue de la desquamation. Effectivement, après une durée de quinze heures seulement, la zone de desquamation est beaucoup plus étroite. Sur l'œil intact, au bout de la même durée de quinze heures, l'endothélium a déjà complètement disparu. Aussi la durée moyenne de quinze heures fut-elle définitivement admise pour le plus grand nombre des expériences subséquentes.

Sur six yeux à épithélium intact, cinq présentent une desquamation endothéliale totale : quatre après quinze heures, un après vingt-deux heures. Le sixième montre un îlot de desquamation central et une zone de desquamation périphérique avec persistance d'une zone intermédiaire d'endothélium vivant, au niveau de laquelle la cornée est transparente, tandis qu'ailleurs elle est opaque.

Les six yeux, préalablement débarrassés de leur épithélium, présentent tous un endothélium vivant avec une zone de desquamation périphérique plus ou moins étendue et un léger piqueté en quelques endroits, pour cinq d'entre eux après quinze heures et, pour un seul, après

vingt-deux heures. Dans ce dernier cas, la zone de desquamation périphérique est le plus étendue.

IV. Séjour dans un mélange de 9 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air. — *Dans un mélange de 9 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air, l'action de l'épithélium sur l'endothélium se manifeste également. Celui-ci meurt sur l'œil intact alors qu'il reste vivant, dans presque la moitié des cas, sur l'œil raclé.*

Ici, après une durée de vingt-trois heures en moyenne, l'œil à épithélium intact présente une cornée uniformément trouble et épaissie dont l'épithélium est vivant, mais dont l'endothélium a totalement disparu (pl. fig. C7). L'œil à épithélium raclé présente, selon les cas, une persistance ou une desquamation de l'endothélium avec transparence ou opacité correspondante. Mais, même quand l'endothélium persiste, il y a une zone de desquamation périphérique plus ou moins large (pl. fig. C8).

Sur dix yeux à épithélium intact ayant tous séjourné pendant vingt-trois heures en moyenne dans le mélange, huit montrent une desquamation endothéliale complète, tandis que les deux autres conservent leur endothélium, sauf à la périphérie, où il y a une zone de desquamation. Sur sept yeux à épithélium raclé, six ont séjourné vingt-trois heures. Parmi ceux-ci, deux fois l'endothélium a persisté, et il a complètement disparu les quatre autres fois. Le septième œil, ayant séjourné quinze heures, montre un endothélium persistant. Les parties desquamées sont toujours opacifiées.

V. Séjour dans de l'hydrogène presque pur. — *Dans l'hydrogène presque pur, l'endothélium meurt, que l'œil soit intact ou privé de son épithélium.*

L'hydrogène, tout d'abord recueilli à l'état pur, se trouve ensuite additionné des 12 centimètres cubes d'air qui sont emprisonnés sous le capuchon au moment où l'on introduit l'œil dans le flacon. Mais, comme la capacité du flacon est supérieure à celle d'un litre, la proportion d'air est très minime, puisqu'elle ne vaut qu'un centième environ du volume total.

Dans les trois cas où l'épithélium cornéen a été laissé intact, la cornée, après quinze heures, est trouble et épaissie; son épithélium est vivant et son endothélium a complètement disparu (pl. fig. C9). Six yeux à épithélium raclé montrent au bout de quinze heures un trouble et un épaississement prononcé du parenchyme cornéen, ainsi qu'une desquamation complète de l'endothélium (pl. fig. C10).

L'ensemble des résultats expérimentaux qui viennent d'être exposés, est schématisé dans le tableau ci-après :

TABLEAU II.

Séjour de l'œil dans un milieu gazeux à teneur en oxygène variable, porté à une température de 35° à 37°.

COMPOSITION du MILIEU.	RÉSULTAT APRÈS UN SÉJOUR DE QUINZE OU DE VINGT-TROIS HEURES DANS L'UN DES MILIEUX.	
	A. Épithélium intact.	*B.* Épithélium enlevé en totalité.
Air pur.	Endothélium *présent* et *vivant.* Cornée transparente et mince.	Endothélium *présent* et *vivant.* Cornée transparente et mince.
Mélange : H = 4 Air = 1	Endothélium *présent* et *vivant.* Cornée transparente et mince.	Endothélium *présent* et *vivant.* Cornée transparente et mince.
Mélange : H = 6 Air = 1	Endothélium *absent.* Cornée opaque et épaissie.	Endothélium *présent* et *vivant.* Cornée transparente et mince.
Mélange : H = 9 Air = 1	Endothélium *absent.* Cornée opaque et épaissie.	Endothélium *présent* et *vivant.* Cornée transparente et mince.
H presque pur.	Endothélium *absent.* Cornée opaque et épaissie.	Endothélium *absent.* Cornée opaque et épaissie.

Ces résultats s'accordent, de point en point, avec l'hypothèse émise. Il suffit, pour le montrer, de les passer rapidement en revue, en les interprétant à l'aide de l'hypothèse même.

Dans l'air, l'endothélium reste vivant avec ou sans épithélium. Quand il n'y a pas d'épithélium, l'oxygène de l'air arrive en contact avec l'endothélium et entretient sa vitalité. Quand l'épithélium existe, la proportion d'oxygène contenue dans l'air est telle que, malgré l'imperméabilité relative de l'épithélium, celui-ci en laisse encore passer une quantité suffisante pour entretenir la vitalité de l'endothélium.

Dans le mélange de 4 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air, il reste de même vivant avec ou sans épithélium. La proportion d'oxygène contenue dans le mélange suffit pour entretenir la vitalité de l'endothélium de l'œil dénudé, et elle est même assez grande pour qu'il en passe encore à travers l'épithélium une dose capable de maintenir la vie de l'endothélium.

Dans le mélange de six parties d'hydrogène et d'une partie d'air, l'endothélium vit sur l'œil raclé et meurt sur l'œil revêtu de son épithélium. La proportion d'oxygène contenue dans le mélange suffit encore pour l'œil dénudé, mais elle est devenue trop petite pour qu'il en passe encore à travers l'épithélium une quantité capable d'empêcher la mort de l'endothélium. Dans le mélange de neuf parties d'hydrogène et d'une partie d'air, la proportion d'oxygène suffit encore souvent pour conserver la vitalité de l'endothélium de l'œil gratté, mais il n'en passe plus assez à travers l'épithélium, quand celui-ci existe.

Enfin, dans l'hydrogène presque pur, c'est-à-dire ne renfermant qu'un centième d'air, l'endothélium meurt

avec ou sans épithélium. La proportion d'oxygène est devenue trop petite pour conserver en vie l'endothélium de l'œil raclé. A plus forte raison, l'endothélium meurt-il sur l'œil intact, car la présence de l'épithélium ne peut que réduire encore la quantité déjà trop petite d'oxygène qui arrive jusqu'à lui.

La destruction de l'endothélium de l'œil raclé, obtenue dans ce dernier cas, satisfait à la première des deux conditions exigées pour que l'hypothèse émise se vérifie. Elle démontre en effet que l'endothélium n'a pas assez, pour vivre pendant quinze heures, de la quantité d'oxygène contenue dans l'intérieur de l'œil et qu'il lui faut, pour maintenir sa vitalité, la présence d'une certaine quantité d'oxygène dans le milieu extérieur. Quant à la deuxième condition, qui est que l'épithélium doit empêcher une partie de l'oxygène extérieur de traverser la cornée, à la manière d'un revêtement imperméable, son étude sera poursuivie ultérieurement, après l'examen de la question de l'*action locale* de l'épithélium *in vitro*, examen qui va être abordé à présent.

§ 3. — Action locale de l'épithélium *in vitro*.

On a vu que, dans la cavité péritonéale, l'action exercée par l'épithélium sur l'endothélium est locale, c'est-à-dire que, sur une même cornée, l'endothélium meurt uniquement au niveau des parties recouvertes d'épithélium. Il s'agit de rechercher si cette localisation se manifeste également *in vitro*. Pour cela, au lieu de laisser l'épithélium intact ou de le racler complètement, on n'en enlève qu'une partie et l'on plonge alors l'œil dans le mélange où l'action de l'épithélium se produit de la manière la plus constante, mélange composé de 6 volumes d'hydro-

gène et de 1 volume d'air. La durée du séjour est toujours de quinze heures.

1. Grattage épithélial central circulaire de $4^{mm},5$ ou de 6 millimètres de diamètre. — Sur neuf cas, trois ne montrent pas l'action de l'épithélium, car l'endothélium reste vivant aussi bien au niveau de la partie dénudée qu'au niveau de l'épithélium. On y trouve seulement une zone de desquamation périphérique.

Un quatrième cas, sur l'étendue d'un secteur correspondant au tiers de la cornée, montre l'action locale de l'épithélium, car au niveau de cette région la desquamation endothéliale s'étend de la périphérie jusqu'au bord du grattage qu'elle suit très exactement. Le reste de la surface cornéenne ne montre qu'une desquamation endothéliale périphérique. La cornée est transparente et mince, sauf au niveau du secteur dépourvu d'endothélium, où elle est trouble et épaissie.

Parmi les cinq autres cas, quatre présentent une desquamation endothéliale complète. Mais comme le trouble est beaucoup moins prononcé au niveau du grattage et qu'en cet endroit on constate, en retournant la cornée, une dépression manifeste, on peut dire, grâce aux données fournies par le travail antérieur, que l'endothélium est tombé au niveau du grattage plus tard qu'ailleurs. En d'autres termes, si l'on avait retiré l'œil de l'étuve quelques heures plus tôt, on aurait probablement pu constater la destruction de l'endothélium au niveau de l'épithélium et sa persistance au niveau du grattage. Enfin, le dernier cas montre la desquamation endothéliale au niveau de l'épithélium et le maintien de l'endothélium au niveau du grattage, mais encore la portion d'endothé-

lium restante est-elle *plus étroite* que la partie épithéliale dénudée. C'est le seul cas qui démontre nettement l'action locale de l'épithélium (pl. fig. D1). En résumé, dans les cas de grattage épithélial central, l'action locale peut se manifester, mais il semble qu'il y ait des actions concomitantes qui la masquent très fréquemment. Dans la cavité péritonéale, au contraire, on a vu que l'endothélium tombait toujours au niveau des parties recouvertes d'épithélium, qu'il se maintenait toujours au niveau de la partie centrale dénudée, et que toujours les dimensions de la partie restante étaient *plus grandes* que celles du grattage.

II. Grattage d'une moitié de la surface épithéliale. — Le seul cas réalisé montre la desquamation de l'endothélium au niveau de la moitié recouverte d'épithélium, et sa persistance au niveau de la moitié grattée, à part une zone de desquamation périphérique. La cornée est épaisse et trouble au niveau de l'épithélium. Elle est mince et transparente au niveau de la moitié dénudée. L'action locale dans ce cas est manifeste (pl. fig. D2).

III. Ilot épithélial central circulaire de 3 millimètres ou de $4^{mm},5$ de diamètre. — Sur cinq cas, l'ilot mesure quatre fois $4^{mm},5$ de diamètre et une fois 3 millimètres. Dans les cinq cas, la partie cornéenne dénudée est restée transparente; un trouble prononcé existe au niveau de l'ilot épithélial, et ses limites se confondent presque exactement avec celles de l'ilot. L'endothélium est tombé au niveau de l'ilot, sur une région parfaitement circulaire, dont le bord présente la netteté d'une ligne tracée au compas. Dans deux des quatre cas où l'ilot mesure $4^{mm},5$ de diamètre, ce bord coïncide exactement avec le bord épithélial. Dans les deux autres cas, il s'ar-

rête à un tiers de millimètre en dedans du bord épithélial (pl. fig. D3), le cercle d'endothélium exfolié étant un peu plus petit que l'îlot épithélial. Le cinquième cas, avec îlot épithélial de 3 millimètres de diamètre, présente également un cercle de desquamation endothéliale au niveau de l'îlot. Son bord s'arrête à un tiers de millimètre du bord épithélial. Enfin, dans un sixième cas, où l'îlot épithélial mesure 2 millimètres, et dans un septième, où il ne mesure que 1 millimètre, il n'y a pas eu de desquamation endothéliale au niveau de l'îlot : l'endothélium y est resté vivant. Dans tous ces cas, il y a, de même que dans les cas de raclage complet, une zone de desquamation endothéliale périphérique. En résumé, on voit que dans les cinq cas où l'îlot épithélial a au moins 3 millimètres de diamètre, l'action locale de l'épithélium se manifeste d'une manière constante. Dans les deux cas où l'îlot a des dimensions moindres, elle n'apparaît pas, probablement parce que l'oxygène, en diffusant de toutes parts sous le bord de l'îlot, peut atteindre le centre de la région endothéliale correspondante.

Dans la cavité péritonéale, au contraire, même pour des îlots de $4^{mm},5$ et de 6 millimètres, l'action locale est loin d'être constante : dans plus de la moitié des cas, l'endothélium reste vivant au niveau de l'îlot.

Si l'on rapproche les résultats fournis *in vitro* par les grattages centraux de ceux que donnent les îlots, et si on les compare aux résultats que l'on obtient de la même façon dans la cavité péritonéale, on voit qu'ils sont précisément opposés au point de vue de la constance de l'action épithéliale. *In vitro*, l'action de l'îlot est constante et celle du grattage central variable. Dans la cavité péritonéale, c'est l'action du grattage central seule qui est constante.

IV. Languette épithéliale triangulaire. — Ici, l'épithélium cornéen a été gratté de manière à délimiter une languette épithéliale triangulaire allongée, traversant toute la cornée, dont la base se trouve à la périphérie de la cornée et dont le sommet atteint presque la région périphérique diamétralement opposée. Des trois yeux traités de cette façon, deux montrent un trouble cornéen prononcé, coïncidant exactement avec la languette épithéliale; seule, la pointe est transparente. La partie dénudée est également transparente. L'endothélium resté vivant sur la partie dénudée, est tombé sur une région triangulaire correspondant exactement à la languette épithéliale, sauf à la pointe où, dans un cas, la partie desquamée est plus étroite, tandis que dans un autre elle s'arrête en deçà de la pointe (pl. fig. D4). Dans le troisième cas, où la température de l'étuve s'est élevée à plus de 39°, le trouble dépasse notablement les bords de la languette. La portion d'endothélium desquamée est beaucoup plus étendue que la languette et se présente sous forme d'une large bande à bords parallèles, traversant complètement la cornée, bande dont la direction correspond à peu près à celle de la languette. Entre cette bande et l'anneau de desquamation qui existe comme toujours à la périphérie, se trouve de chaque côté de la languette un îlot d'endothélium vivant, allongé dans la direction de la languette. Ainsi donc, dans ce cas comme dans les deux autres, l'action locale de l'épithélium se manifeste encore.

D'une façon générale, il est à remarquer que les zones de desquamation dues à l'action locale de l'épithélium se délimitent le plus souvent par des *bords dont la netteté est telle qu'ils sont comme tracés à la règle ou au compas.* La desquamation produite par l'îlot épithélial central est

particulièrement saisissante à cet égard. La même observation s'appliquait aux yeux transplantés dans la cavité péritonéale.

On peut résumer le paragraphe présent en disant : *L'action locale de l'épithélium, qui apparaît si nettement dans la cavité péritonéale, se manifeste* in vitro *avec la même précision.*

§ 4. — Action de revêtements imperméables sur l'endothélium.

On a vu que les résultats indiqués au § 2 s'accordent tous avec l'hypothèse émise. Cependant une seule chose y a été réellement démontrée : c'est que l'endothélium, pour vivre, a besoin de la présence d'une certaine quantité d'oxygène dans le milieu extérieur. Quant à la question de savoir si l'épithélium oppose réellement un obstacle à la pénétration de l'oxygène, ou si son action dans l'air à tension diminuée est autre, cette question n'est pas résolue. Il convient donc d'en poursuivre l'étude à l'aide de nouvelles expériences.

S'il est vrai que l'épithélium cornéen tue l'endothélium parce qu'il empêche l'oxygène du milieu extérieur d'arriver en quantité suffisante jusqu'à l'endothélium, il faut que, lorsqu'on remplace l'épithélium préalablement raclé par un revêtement d'une substance imperméable, telle que la paraffine ou le verre, la même action se reproduise. C'est ce qui arrive en effet; et, comme les substances dont il s'agit présentent une imperméabilité absolue, leur action nuisible se manifeste aussi bien dans l'air que dans le mélange d'air et d'hydrogène.

1° *Revêtement de paraffine.*

L'œil privé de son épithélium cornéen est saisi à l'aide d'une pince, par son nerf optique, et plongé, pendant un instant, dans de la paraffine fusible à 52°, préalablement fondue et commençant à se solidifier à nouveau. Le contact de la coque oculaire plus froide fait prendre instantanément la paraffine sur toute la portion immergée de sa surface, de sorte que si l'on retire l'œil aussitôt après, il est recouvert d'une couche de paraffine solide parfaitement moulée sur la coque oculaire. A l'aide d'un scalpel, on enlève alors les parties superflues du revêtement de paraffine et l'on place l'œil dans l'air ou dans le mélange d'air et d'hydrogène. A l'étuve, sous l'influence de la chaleur, la paraffine se ramollit légèrement, circonstance favorable, car elle assure le maintien du contact parfait de la paraffine et de la cornée, alors même que celle-ci modifierait légèrement sa courbure. Aussi, quand, quinze heures après, on retire l'œil, on trouve le bord du revêtement de paraffine intimement appliqué contre la cornée, sur laquelle il détermine même une très légère empreinte, visible seulement sous une incidence déterminée de la lumière.

I. Séjour dans le mélange d'air et d'hydrogène. — Lorsque l'œil a séjourné dans le mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air et qu'une moitié seulement de la cornée grattée a été recouverte de paraffine, on voit que l'endothélium meurt au niveau de la moitié recouverte, tandis qu'il reste vivant au niveau de l'autre moitié. Le parenchyme cornéen est trouble et

épaissi au niveau de la première moitié; il est transparent et mince au niveau de la seconde. Le seul cas réalisé est représenté sur la planche, figure E1.

Si l'on a enlevé, à l'aide d'une tréphine, une rondelle de paraffine de 6 millimètres de diamètre au centre de la cornée, on constate que l'endothélium tombe sur toute la large zone périphérique recouverte, et que cette desquamation s'étend même sur la région marginale du cercle central dénudé, de manière que l'ilot endothélial restant est plus petit que le cercle dénudé. Le trouble et l'épaississement du parenchyme coïncident avec la desquamation endothéliale (un cas).

II. Séjour dans l'air ordinaire. — Si l'œil est resté, non dans le mélange d'air et d'hydrogène, mais dans l'air, on obtient des résultats à peu près analogues. L'une des moitiés de la cornée raclée ayant été seule recouverte de paraffine, on voit que l'endothélium tombe au niveau de la partie recouverte. Toutefois la desquamation ne s'étend pas jusqu'au bord du revêtement de paraffine qui traverse la cornée en son milieu. Sous le bord subsiste une zone elliptique étroite d'endothélium encore vivant, en continuité avec l'endothélium vivant de la moitié découverte.

Un deuxième œil à épithélium raclé, recouvert en son centre d'un disque de paraffine de 7 millimètres de diamètre, présente une desquamation endothéliale centrale à bords réguliers et nets, d'une étendue moindre : elle mesure $5^{mm},5$. Le centre de la desquamation coïncide avec le centre du disque de paraffine, et son pourtour s'arrête partout à trois quarts de millimètre en dedans du bord du disque de paraffine (pl. fig. E2).

Un troisième œil, traité de la même façon, présente une particularité qu'il convient de signaler, parce qu'elle montre combien l'action locale du revêtement de paraffine peut être précise. Au lieu d'être circulaire, la région desquamée a la forme d'un fer à cheval dont le bord convexe, concentrique au bord du disque de paraffine, se trouve à 1 millimètre en dedans de celui-ci. L'inspection du disque de paraffine fournit l'explication du fait. En effet, il présente à sa face inférieure une dépression ovoïde, correspondant à la région comprise dans la concavité du fer à cheval, dépression produite par l'interposition d'une bulle d'air lors de l'immersion de l'œil dans la paraffine. La dépression communique par une très petite échancrure du bord du disque avec l'air extérieur. Cette disposition est indiquée sur la cornée même où l'on distingue parfaitement, non seulement l'empreinte du bord du disque, mais également celle du pourtour de la cavité ovoïde; c'est dans l'espace compris entre ces deux empreintes que se trouve la zone en fer à cheval de desquamation endothéliale.

Lorsque, contrairement à ce qu'on a fait jusqu'à présent, on laisse la cornée pourvue de son épithélium, qu'on la recouvre localement de paraffine et qu'on plonge l'œil dans l'air ordinaire, on obtient une desquamation analogue au niveau des parties recouvertes. Dans un cas, une moitié de la cornée est revêtue d'une couche de paraffine et, dans deux autres, il y a un îlot central polygonal de paraffine d'environ 7 millimètres de diamètre (pl. fig. E3). Mais il semble ici que la région desquamée est à peu près aussi étendue que l'îlot de paraffine, probablement parce que l'oxygène de l'air diffuse en moindre quantité sous le bord de la paraffine à cause de la pré-

sence de l'épithélium. Il est à peine nécessaire de dire que, dans les diverses expériences faites à l'aide de la paraffine, le trouble et le gonflement du parenchyme cornéen accompagnent partout la desquamation endothéliale et se localisent aux mêmes endroits.

2° *Revêtement de verre.*

Dans d'autres expériences, c'est le verre qui fut utilisé comme substance imperméable. Les résultats qu'elles donnèrent concordent avec les précédents.

Mais ici, à cause de la difficulté qu'il y a à appliquer exactement une lame de verre, même convexe, sur la convexité de la cornée, on a employé le verre sous forme d'anneaux découpés dans ces tubes étroits qui sont d'un usage courant dans les laboratoires de chimie. L'épaisseur de leur paroi était d'environ 1 millimètre. Leur diamètre intérieur, pour deux d'entre eux, était de $3^{mm},5$, et pour le troisième de 5 millimètres. L'anneau de verre étant déposé à plat au centre de la cornée raclée et l'œil plongé dans le mélange de 6 volumes d'hydrogène et 1 volume d'air, on voit que l'endothélium se desquame en divers endroits d'une circonférence correspondant exactement à la circonférence de l'anneau. Dans un cas, un tiers à peu près de la circonférence est exfolié; dans un autre, la moitié; dans le troisième enfin, les trois quarts sont desquamés (pl. fig. E4). Comme on le voit, dans aucun de ces cas, la desquamation ne s'est faite sur toute la circonférence de l'anneau, peut-être parce que le contact de l'anneau et de l'œil n'est pas également parfait sur tous les points, peut-être aussi parce qu'en

certains endroits la diffusion de l'oxygène sous le verre se fait plus aisément.

L'ensemble des faits établis à l'aide des revêtements de paraffine et de verre démontre non seulement que les revêtements imperméables déterminent la mort de l'endothélium, mais encore que cette action est locale, tout comme l'est celle de l'épithélium. La nature de ces substances est telle qu'il serait difficile d'attribuer leur action nuisible à une propriété autre que leur imperméabilité.

En résumé, on peut dire :

Lorsque l'œil est placé dans l'air ordinaire ou dans de l'air à tension diminuée, et que l'on applique sur la cornée un revêtement imperméable, l'endothélium meurt au niveau de la partie recouverte.

§ 5. — Différence d'action de l'épithélium à l'état de vie et à l'état de mort.

Dans toutes les recherches faites jusqu'à présent, l'épithélium cornéen était vivant et restait dans cet état, même lorsque l'œil séjournait pendant quinze heures dans l'hydrogène presque pur. En effet, non seulement il ne se colorait pas par le carmin, mais, de plus, il se régénérait le plus souvent pendant son séjour à l'étuve. La régénération se faisait encore dans le mélange de 9 parties d'hydrogène et de 1 partie d'air. Toutefois, dans l'hydrogène presque pur, elle paraissait complètement suspendue.

La propriété que possède l'épithélium vivant est-elle son apanage exclusif et disparaît-elle dès qu'il passe à

l'état de mort? Pour résoudre la question, il suffit d'expérimenter à l'aide d'yeux dont on a préalablement tué l'épithélium. A cet effet, comme l'endothélium doit être vivant au moment où l'on commence l'expérience, et comme il serait très difficile de tuer l'épithélium sans tuer également l'endothélium, ces deux revêtements se trouvant très rapprochés, il faut tuer l'épithélium sur un œil et le transporter ensuite sur l'autre œil dont l'épithélium a été enlevé par le grattage. Le choix du moyen à employer, pour tuer l'épithélium, n'est pas indifférent non plus. On ne peut songer à l'emploi d'une substance qui coagule énergiquement le protoplasme épithélial, comme le font l'alcool, le sublimé corrosif, l'acide osmique, le chlorure de platine et d'autres, car ces substances, en tannant plus ou moins le protoplasme, lui communiquent une imperméabilité d'une nature toute différente de celle du protoplasme vivant, mais dont l'effet peut être le même. Il faut avoir recours à une substance qui tue en désagrégeant sans fixer, presque sans coaguler, comme le chloroforme, par exemple. C'est pourquoi l'on procède de la manière suivante :

Les deux yeux étant énucléés sur l'animal sacrifié, on suspend l'un d'eux par son nerf optique dans un petit vase de verre au fond duquel on verse quelques gouttes de chloroforme. On ferme hermétiquement à l'aide d'un bouchon. Après vingt à vingt-cinq minutes d'exposition aux vapeurs de chloroforme, on retire l'œil. L'épithélium cornéen présente alors un léger trouble sur presque toute son étendue, trouble qui est le signe de l'altération du protoplasme survenue en même temps que la mort. Lorsque l'épithélium présente ce trouble, il se colore

immédiatement par le carmin et se détache, à l'aide du grattage, avec la plus grande facilité, comme s'il était simplement déposé sur la cornée. En beaucoup d'endroits, on l'enlève ainsi jusqu'au parenchyme cornéen ou plutôt jusqu'à la membrane de Bowman; en certains autres, on ne détache que les couches superficielles, les couches profondes adhérant encore à la cornée, probablement parce que le chloroforme ne les a pas encore tuées; car il est à remarquer que l'action toxique du chloroforme ne se fait pas sentir également vite dans les différentes régions de la cornée. Quand, au lieu d'attendre vingt minutes, on colore l'épithélium au bout de cinq ou dix minutes d'exposition aux vapeurs de chloroforme, on voit que le carmin ne prend que sur certaines places, réparties tout à fait irrégulièrement.

L'épithélium cornéen complètement détaché est transporté en masse sur l'autre œil que l'on a déjà raclé et dont on a disposé l'épithélium en un amas d'épaisseur uniforme, d'un diamètre de 3 à 4 millimètres, près du centre de la cornée. L'amas d'épithélium tué est disposé, de la même façon, à côté du premier amas. On fait en sorte que les deux amas aient à peu près la même étendue et la même épaisseur. Pour cela, comme le volume de l'épithélium fourni par l'œil soumis aux vapeurs de chloroforme n'atteint jamais celui de l'épithélium provenant de l'œil vivant, on doit retrancher une certaine quantité de ce dernier. On place alors l'œil à l'étuve dans le mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air.

Quinze heures plus tard, on constate que le parenchyme cornéen dénudé est transparent, à part un liséré

périphérique légèrement opaque, et que les deux îlots épithéliaux sont plus ou moins troubles, ce qui empêche de voir si une opacité analogue du parenchyme leur correspond. L'épithélium des deux amas est resté parfaitement aggloméré, mais l'amas d'épithélium vivant paraît surélevé par rapport à l'îlot d'épithélium mort qui semble parfois en voie de dessiccation. Le carmin boracique colore le parenchyme dénudé et tout l'îlot d'épithélium mort; il colore en outre certaines places de l'îlot d'épithélium vivant sous forme de piqueté; une partie des cellules de l'épithélium vivant raclé a donc succombé. L'endothélium est desquamé au niveau de l'îlot d'épithélium vivant, sur une région un peu moins étendue que celui-ci, tandis qu'au niveau de l'îlot d'épithélium mort, il n'est desquamé qu'en quelques endroits limités (pl. fig. F). Sur six yeux, trois fois la desquamation au niveau de l'îlot d'épithélium mort se réduit à un petit point; deux autres fois, elle comprend une portion de la circonférence; enfin, la sixième fois, elle est nulle.

En résumé, on peut dire :

C'est seulement à l'état vivant que l'épithélium exerce une action nuisible sur l'endothélium. Lorsqu'il est mort, cette action disparaît.

CHAPITRE IV.

Conclusions et remarques.

1. — Pour expliquer l'action nuisible exercée par l'épithélium cornéen sur l'endothélium cornéen de l'œil transplanté, on a émis l'hypothèse d'une imperméabilité relative de l'épithélium cornéen pour l'oxygène, imper-

méabilité déterminant la mort de l'endothélium par asphyxie.

L'expérience montre :

I. — Que l'endothélium ne peut continuer à vivre, pendant un jour au moins, dans l'œil énucléé : 1° s'il n'y a pas une certaine quantité d'oxygène dans le milieu extérieur; 2° si cet oxygène ne peut pas traverser le parenchyme cornéen.

II. — Que l'épithélium, dans un milieu gazeux contenant des quantités déterminées d'oxygène, occasionne, par sa seule présence, la mort de l'endothélium dans l'œil énucléé.

III. — Que cette action se localise très exactement et avec une précision telle que le raclage d'une portion limitée de l'épithélium permet la survie d'une portion correspondante de l'endothélium, pendant que le maintien d'un îlot épithélial, sur la surface de la cornée raclée, détermine la mort d'un îlot correspondant de l'endothélium.

IV. — Qu'enfin, l'action de l'épithélium sur l'endothélium est liée à sa propre vie, l'épithélium mort n'ayant pas les mêmes propriétés.

Cet ensemble de résultats ne démontre pas l'existence de l'imperméabilité de l'épithélium cornéen pour l'oxygène. Sans doute, ils sont tous d'accord avec l'hypothèse de l'imperméabilité; mais, en ce qui concerne cette hypothèse même, trois faits seulement ont été établis : ils sont exprimés sous les rubriques I et II. Dans le mélange d'air et d'hydrogène, la présence de l'épithélium a le même effet que celle d'un revêtement imperméable, mais agit-il de la même manière? Pour que l'imperméabilité

relative de l'épithélium cornéen à l'oxygène fût démontrée, il faudrait prouver que l'oxygène passe réellement, en plus grande quantité, à travers le parenchyme cornéen lorsque celui-ci est dénudé que lorsqu'il est recouvert d'épithélium. En se servant d'une réaction colorante de l'oxygène, peut-être arriverait-on à élucider la question par des différences dans l'intensité des colorations obtenues dans l'un et l'autre cas. Mais, en admettant même que l'on eût démontré que l'épithélium empêche l'oxygène de diffuser à travers le parenchyme cornéen dans une notable proportion, encore faudrait-il savoir quelle est la nature de cette action? S'agit-il d'une réelle imperméabilité au sens physique du mot, comme l'admet l'hypothèse, ou bien a-t-on affaire à une absorption chimique de l'oxygène? Lorsqu'on parle de l'imperméabilité de l'épithélium cornéen pour l'eau, on est convaincu que s'il l'empêche de passer dans le parenchyme cornéen, c'est parce qu'il lui est réellement imperméable. Mais, pour l'oxygène que le protoplasme utilise en le fixant sur sa propre molécule, on peut se demander s'il ne l'empêche pas de passer, tout simplement parce qu'il l'absorbe au passage. En fait, une partie de l'oxygène qui diffuse à travers l'épithélium est captée de cette façon, puisque toute cellule consomme de l'oxygène, mais dans quelle proportion? Représente-t-elle toute la différence existant entre les quantités d'oxygène qui diffusent suivant que l'épithélium est présent ou absent, ou bien ne vaut-elle qu'une partie de cette différence, l'autre partie représentant la valeur de l'imperméabilité vraie de l'épithélium? Par raison d'analogie avec ce qui se passe pour l'eau et pour les substances solides dissoutes dans l'eau, on est

porté à se demander si cette imperméabilité n'existe pas réellement. Un exemple emprunté à la physiologie botanique montrera qu'en fait ces deux propriétés, imperméabilité et affinité chimique, coexistent parfois, sinon toujours, et concourent pour empêcher, d'une façon plus complète, les substances extérieures de traverser le protoplasme d'outre en outre. Les radicelles de certaines plantes cultivées dans des liquides nutritifs tenant en dissolution de petites quantités de bleu de méthylène, ne se colorent que très lentement en bleu. Peu à peu cependant, leur coloration s'accentue, tandis que le milieu se décolore progressivement; finalement le milieu est presque totalement décoloré, alors que les radicelles sont colorées en bleu foncé. Que s'est-il passé? Au début, la coloration se fait très lentement à cause de l'imperméabilité relative des radicelles pour le bleu de méthylène. Puis les petites quantités de bleu qui ont pu pénétrer dans les radicelles sont précipitées sur place dans les cellules, par affinité chimique, au fur et à mesure de leur entrée. Il en résulte une accumulation progressive de bleu de méthylène dans les radicelles, en même temps qu'une décoloration progressive du milieu. Que l'on se représente une membrane faite de la même substance que les radicelles et séparant le liquide coloré par le bleu de méthylène d'un autre liquide incolore. Ce dernier restera presque incolore à cause du double obstacle qu'offrira la cloison au passage du bleu. Si cette cloison ne possédait que son imperméabilité relative, les petites quantités de bleu qui pénétreraient graduellement dans son intérieur finiraient par ressortir de l'autre côté et en coloreraient peu à peu le liquide. Si, au contraire, la

cloison ne possédait que son affinité chimique, il se pourrait que, le bleu la pénétrant en trop grande quantité à la fois, cette affinité ne parvînt pas à l'arrêter assez rapidement au passage, et ici de même le liquide bleuirait. La coexistence des deux propriétés augmente l'efficacité de la barrière représentée par la cloison, l'affinité chimique jouant le rôle d'un second obstacle qui arrête les particules ayant pu franchir le premier obstacle que leur oppose l'imperméabilité.

2. — Pendant tout le cours de ce travail, on a envisagé l'épithélium comme un revêtement homogène, sans tenir compte de sa structure. Mais il ne faut pas oublier que tout tissu épithélial comprend deux espèces d'éléments bien distincts : les cellules épithéliales serrées les unes contre les autres et le ciment qui unit ces cellules entre elles. Au point de vue de la question dont il s'agit ici, cette structure doit être prise en considération. En effet, il a été démontré, pour les substances solides dissoutes, qu'il y a une grande différence, en ce qui concerne l'imperméabilité, entre ces deux éléments, le ciment étant beaucoup plus perméable que les cellules. C'est ainsi que Knies (1), Leber (2) et d'autres ont vu que si l'on injecte dans la chambre antérieure quelques gouttes d'une solution de sulfate de fer et que l'on plonge ensuite l'œil dans une solution de ferrocyanure de potassium, de fines

(1) KNIES, *Ueber die Ernährung des Auges und die Abflusswege der intra-ocularen Flüssigkeiten.* (ARCHIV FÜR AUGENHEILKUNDE, Bd VII, 1878.)

(2) LEBER, *Ueber die inter-cellularen Lücken des vorderen Hornhautepithels im normalen und pathologischen Zustande.* (ARCHIV FÜR OPHTHALMOLOGIE, Bd XXIV, 1878.)

granulations de bleu de Prusse se forment au bout de quelques heures, uniquement dans le ciment intercellulaire et pas dans les cellules épithéliales. Cela prouve que les deux substances qui ont diffusé en très faible quantité n'ont pu pénétrer que dans le ciment intercellulaire et que les cellules leur sont pour ainsi dire imperméables. En ce qui concerne l'oxygène, l'épithélium ne se comporte-t-il pas de même façon, et son imperméabilité supposée ne serait-elle pas plus grande si le ciment intercellulaire n'existait pas? Il se pourrait, par exemple, que dans ce cas l'épithélium, qui n'a pas d'action sur l'endothélium dans le mélange de 4 volumes d'hydrogène et 1 volume d'air, le tue déjà comme il le fait dans le mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air.

3. — L'épithélium cornéen est constitué par plusieurs couches de cellules : chez le lapin, il en a trois ou quatre. Il y aurait lieu de voir si un nombre moindre de couches de cellules suffirait pour que son action se manifestât. A cet effet, il faudrait enlever par le grattage un cercle central d'épithélium de 4 à 5 millimètres de diamètre, attendre que la surface se recouvrît complètement et, dès qu'elle serait recouverte, enlever tout l'épithélium de la région périphérique de la cornée, de manière à ne laisser qu'un îlot central d'épithélium tout récemment régénéré. Cet îlot ne serait composé que d'une ou deux couches de cellules qui s'étaleraient encore davantage pendant la régénération qui s'établirait *in vitro* lorsqu'on rechercherait l'action de l'îlot sur l'endothélium.

4. — Dans le travail présent, seul l'épithélium cornéen a été envisagé. Mais on doit immédiatement se demander

si la propriété que possède l'épithélium cornéen n'appartient pas également à d'autres revêtements cellulaires ou à d'autres tissus. En d'autres termes, n'est-elle pas une propriété générale des tissus vivants?

Dans l'œil même, il y a deux revêtements cellulaires qui pourraient être étudiés à ce point de vue; ils ont sur l'épithélium cornéen l'avantage d'être formés d'*une seule* couche de cellules, de sorte que les résultats qu'ils fourniraient pourraient déjà s'appliquer à la cellule elle-même. Ce sont : 1° l'endothélium cornéen, dont l'état de vie ou de mort n'a jusqu'à présent servi que comme critérium dans l'étude de l'épithélium, mais qu'on pourrait également examiner au même point de vue que ce dernier; 2° l'épithélium qui tapisse la cristalloïde antérieure du cristallin. Il peut parfaitement se détacher du cristallin avec la cristalloïde, membrane anhiste, très mince, mais résistante, qui lui servirait de support.

En dehors de l'œil, il faudrait de même se servir des revêtements minces et le plus possible exempts d'organes différenciés. Sous ce rapport, la muqueuse digestive ne conviendrait guère; la muqueuse trachéale serait déjà plus satisfaisante. On pourrait voir également si des tranches très minces coupées dans des organes glandulaires, tels que le foie, manifesteraient une propriété analogue.

5. — Enfin on pourrait rechercher si les éléments constitutifs des tissus eux-mêmes, les cellules, pris isolément, possèdent la même propriété. La question serait ainsi posée, non pas pour tel ou tel tissu, mais pour le protoplasme cellulaire lui-même, pour la substance vivante.

Si, par l'ensemble de ces recherches, on parvenait à

établir d'une façon certaine l'existence de l'imperméabilité relative de la substance vivante à l'oxygène, on aurait démontré que l'imperméabilité qu'on lui connaissait déjà pour l'eau et pour les substances solides dissoutes dans l'eau existe également pour les corps gazeux, tout au moins pour l'un d'entre eux.

6. — Quoi qu'il en soit de l'imperméabilité de l'épithélium cornéen à l'oxygène, que celle-ci soit réelle ou que les phénomènes qui ont suggéré l'idée de son existence soient dus simplement à l'absorption de l'oxygène par le protoplasme qui le consomme, les considérations qui vont suivre découlent aussi bien de l'une que de l'autre de ces deux suppositions, si l'on admet qu'il y a réellement obstacle au passage de l'oxygène dans les parties situées plus profondément.

La cornée des jeunes lapins employés mesure $^1/_3$ de millimètre d'épaisseur, c'est-à-dire environ 330 μ. Et l'on a vu que déjà pour cette faible épaisseur, l'épithélium, qui n'en représente qu'une petite partie, tue l'endothélium. S'il est permis d'appliquer à la cellule elle-même les données fournies par l'étude d'un tissu, on se demandera ce qu'il adviendrait de la région centrale des cellules dont le rayon atteindrait ou dépasserait une longueur de $^1/_3$ de millimètre. Précisément dans une publication parue il y a deux ans (1), l'auteur a exposé une théorie sur le volume des cellules, basée sur l'idée que le protoplasme ayant besoin d'oxygène et l'utilisant sur place, l'oxygène

(1) Bullot, *Sur le volume des cellules*. (Bulletin de la Société royale des sciences médicales et naturelles de Bruxelles, 1897.)

qui diffuse à travers le protoplasme se raréfie à mesure qu'il pénètre plus avant dans son intérieur, de sorte que les cellules ne peuvent dépasser un certain volume sans que leurs parties centrales se mettent à en souffrir. Il est vrai que certaines cellules ont un volume dépassant de beaucoup le volume cellulaire moyen. Mais alors elles possèdent presque toujours une disposition anatomique ou physiologique qui facilite l'oxydation du protoplasme, ou bien elles ne tardent pas à se diviser ou à dégénérer. Les faits établis au cours de ce travail donnent un appui à cette manière de voir, car s'ils ne résolvent pas la question de la nature de l'obstacle opposé à la pénétration de l'oxygène dans l'intérieur des tissus, ils montrent tout au moins l'action mortelle exercée par une couche de protoplasme de $^1/_{20}$ de millimètre d'épaisseur, telle que l'épithélium, sur une autre couche de protoplasme, telle que l'endothélium, séparées l'une de l'autre par une distance de $^1/_3$ de millimètre seulement, lorsque l'oxygène ne peut arriver à la seconde qu'en traversant la première.

Fait au laboratoire de physiologie de l'Université de Bruxelles, dirigé par M. le professeur Heger, et au laboratoire du Sanatorium du docteur Depage, 1899.

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Les figures de la planche sont la reproduction exacte de cornées étalées et montées comme des préparations microscopiques. Les endroits où l'épithélium a été enlevé sont indiqués en rouge. Les endroits où l'endothélium est mort sont marqués en bleu. Chaque cornée montre les détails de sa face épithéliale et de sa face endothéliale superposées, de sorte que les régions où la teinte rouge est superposée à la teinte bleue, sont colorées en violet.

Fig. A. — Cornées d'yeux à épithélium intact ayant séjourné dans la cavité péritonéale respectivement pendant six heures, huit heures, dix heures ou quinze heures.

La mort de l'endothélium, partielle au bout de six heures et huit heures, n'est complète qu'après dix heures.

Fig. B. — Cornées d'yeux ayant séjourné pendant quinze heures à l'étuve dans du sérum sanguin aéré.

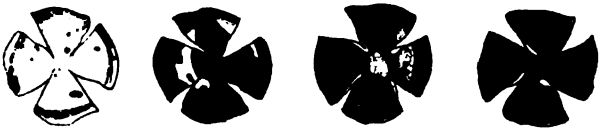
1. — Cornée à épithélium intact : l'endothélium est mort en totalité.

2. — Cornée à épithélium raclé : l'endothélium est resté vivant presque en entier.

Fig. C. — 1 et 2. — Cornées d'yeux ayant séjourné pendant vingt-deux heures à l'étuve dans l'air ordinaire.

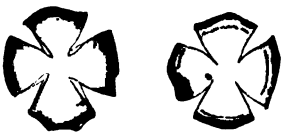
1. — Cornée à épithélium intact : l'endothélium reste de même vivant en totalité.

2. — Cornée à épithélium raclé: 'endothélium reste de même vivant en totalité.



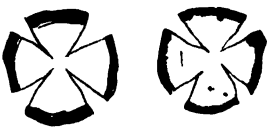
1 2 3 4

B

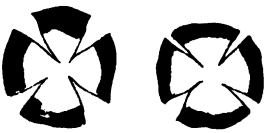


1 2

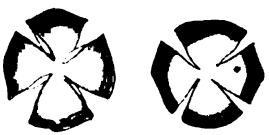
C



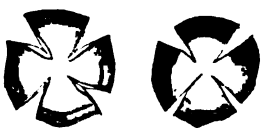
1 2



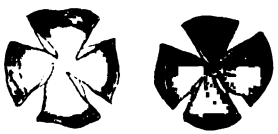
3 4



5 6



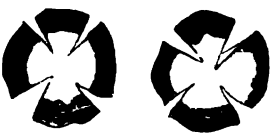
7 8



9 10

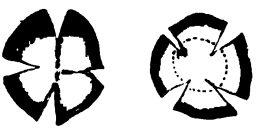
D

1 2

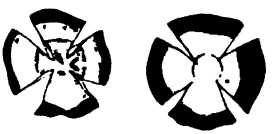


3 4

E



1 2



3 4

F

3, 4. — Cornées d'yeux ayant séjourné pendant quinze heures à l'étuve dans un mélange de 4 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air.

3. — Cornée à épithélium intact : l'endothélium reste vivant presque partout ; il ne présente qu'une zone de desquamation périphérique et çà et là un léger piqueté de desquamation.

4. — Cornée à épithélium raclé ; l'endothélium reste vivant presque partout; il ne présente qu'une zone de desquamation périphérique.

5, 6. — Cornées d'yeux ayant séjourné pendant quinze heures dans un mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air.

5. — Cornée à épithélium intact : l'endothélium est mort dans toute son étendue.

6. — Cornée à épithélium raclé : l'endothélium est resté vivant, mais présente néanmoins une zone étroite de desquamation périphérique et un petit point de desquamation supplémentaire.

7, 8. — Cornées d'yeux ayant séjourné pendant quinze heures dans un mélange de 9 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air.

7. — Cornée à épithélium intact : l'endothélium est mort dans toute son étendue.

8. — Cornée à épithélium raclé : l'endothélium est resté vivant, mais présente néanmoins une large zone de desquamation périphérique.

9, 10. — Cornées d'yeux ayant séjourné pendant quinze heures dans de l'hydrogène presque pur ne renfermant plus que 1 centième d'air.

9. — Cornée à épithélium intact : l'endothélium est mort dans toute son étendue.

10. — Cornée à épithélium raclé : l'endothélium est mort partout également.

Fig. D. — Cornées d'yeux ayant séjourné pendant quinze heures dans le mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air, et dont l'épithélium n'a été enlevé que partiellement (action locale).

1. — Cornée dont l'épithélium a été enlevé au centre sur un cercle de $4^{mm},5$ de diamètre. L'endothélium n'est resté vivant qu'au niveau de la partie centrale de la région dénudée où il forme un petit ilot circulaire.

2. — Cornée dont l'épithélium a été enlevé sur une moitié de sa surface. L'endothélium n'est resté vivant qu'au niveau de la moitié dénudée; encore y présente-t-il une zone de desquamation périphérique.

3. — Cornée dont l'épithélium a été enlevé sur toute la périphérie, de manière à ne laisser qu'un ilot central circulaire de $4^{mm},5$ de diamètre. L'endothélium est resté vivant au niveau de toute la région dénudée, sauf à la périphérie, et est mort sur la région recouverte par l'ilot; toutefois, le bord parfaitement circulaire de cette région n'atteint pas tout à fait le bord de l'ilot.

4. — Cornée dont l'épithélium a été enlevé de manière à ne laisser subsister qu'une languette triangulaire. L'endothélium reste vivant au niveau des parties dénudées, sauf sur une zone périphérique; il est mort sur toute la région recouverte par la languette qui affecte aussi une forme triangulaire.

Fig. E. — Cornées d'yeux ayant séjourné pendant quinze heures dans un mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air, ou dans l'air, recouvertes partiellement de paraffine ou de verre.

1. — Cornée à épithélium raclé ayant séjourné dans le mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air, et dont la moitié a été

recouverte de paraffine (la ligne pointillée indique le bord du revêtement de paraffine). L'endothélium est mort sur la moitié recouverte de paraffine. Il est resté vivant sur l'autre moitié, sauf sur une zone périphérique assez large, où il a également succombé.

2. — Cornée à épithélium raclé ayant séjourné dans l'air ordinaire, recouverte d'un îlot central de paraffine dont le bord est représenté par la ligne pointillée. L'endothélium est mort au niveau de l'îlot sur une région un peu moins étendue que celui-ci, toutefois. Il est resté vivant au niveau des parties dénudées.

3. — Cornée à épithélium intact ayant séjourné dans l'air, recouverte d'un îlot central de paraffine. L'endothélium est mort au niveau de l'îlot sur une région d'une étendue à peu près égale à celle de l'îlot. Il est resté vivant partout ailleurs.

4. — Cornée à épithélium raclé ayant séjourné dans un mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air, recouverte en son centre d'un anneau de verre. L'endothélium est mort sur les trois quarts de la circonférence d'un anneau dont les dimensions et la situation correspondent exactement à celles de l'anneau de verre. Il est resté vivant partout ailleurs, sauf sur la zone périphérique de la cornée.

Fig. F. — Cornée d'un œil à épithélium raclé ayant séjourné pendant quinze heures dans un mélange de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'air, et recouverte près de son centre de deux îlots épithéliaux. L'îlot droit a été tué par le chloroforme; le gauche a été laissé vivant. L'endothélium est mort au niveau de l'îlot d'épithélium vivant. Il est resté vivant au niveau de l'îlot d'épithélium mort, sauf en un point. L'îlot d'épithélium mort est indiqué par la petite circonférence pointillée. La limite inférieure de l'îlot d'épithélium vivant est également indiquée par une ligne pointillée.

Note sur les involutions du quatrième ordre; par Joseph Fairon, docteur en sciences physiques et mathématiques, de l'Université de Liége.

Soit l'involution I_1^2, dont les points doubles sont racines de la forme binaire

$$f_2 \equiv a_2^2.$$

Si l'on représente les couples de cette involution par des points de la conique C_2, dont les équations sont

$$z_1 : z_2 : z_3 = \lambda^2 : \lambda : 1,$$

l'axe de cette involution est défini par l'équation $f_2 = 0$, où l'on a fait la substitution

$$\left(\frac{x_1}{x_3}\right)^2 : \left(\frac{x_1}{x_3}\right) : 1 = z_1 : z_2 : z_3; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

les coordonnées du point central, pôle de l'axe, correspondent aux égalités

$$\frac{z_1}{a_2} = \frac{-z_2}{a_1} = \frac{z_3}{a_0}.$$

On construit les couples de cette I_1^2 en menant à C_2 des sécantes passant par le point central ou, corrélativement, des tangentes par chaque point de l'axe.

Pour la facilité du discours, nous nommerons pôle et polaire de f_2 le point central et l'axe de l'involution I_1^2 déterminée par la forme f_2.

Nous nous proposons de montrer certaines analogies entre l'involution I_1^2 et les involutions du quatrième ordre.

1. Considérons, sur C_2, l'involution I_3^4 dont les points quadruples sont déterminés par les racines de

$$f_4 \equiv a_x^4 = 0.$$

A cette forme f_4 correspond la conique dont l'équation est

$$a_0 z_1^2 + 4a_2 z_2^2 + a_4 z_3^2 + 4a_1 z_1 z_2 + 2a_3 z_1 z_3 + 4a_3 z_2 z_3 = 0.$$

On reconnaît, en faisant la substitution indiquée par la formule (1), que cette conique rencontre C_2 aux points quadruples de I_3^4; nous l'appellerons la conique F_4.

Sa polaire réciproque, par rapport à C_2, a pour équation

$$\begin{aligned}(a_0 a_2 - a_1^2) z_1^2 + (a_0 a_4 - a_3^2) z_2^2 + (a_2 a_4 - a_3^2) z_3^2 \\ + 2(a_1 a_4 - a_2 a_3) z_2 z_3 + 2(a_1 a_3 - a_2^2) z_1 z_3 \\ + 2(a_0 a_3 - a_1 a_2) z_1 z_2 = 0.\end{aligned}$$

La substitution ci-dessus montre encore que cette conique, H_4, rencontre C_2 aux points dont les paramètres sont racines de (*)

$$(f_4, f_4)^2 = 0,$$

hessien h_4 de la forme f_4.

(*) Nous employons les notations de M. P. Gordan, *Die simultanen Systeme binärer Formen*. (Math. Ann., Bd II.)

Les éléments neutres de I_3^4 sont les ternes de l'involution I_1^3 correspondant aux équations

$$\frac{\partial f_4}{\partial x_1} = 0, \qquad \frac{\partial f_4}{\partial x_2} = 0;$$

de sorte que les éléments doubles des ternes neutres sont les racines du jacobien de ces formes cubiques. Ce jacobien est h_4.

Par conséquent, les tangentes communes à F_4 et C_2 déterminent sur celle-ci ces éléments doubles; les tangentes communes à H_4 et C_2 déterminent sur celle-ci les éléments quadruples de I_3^4. Nous verrons que F_4 et H_4 jouent un rôle dans les constructions des involutions du quatrième ordre, comme le pôle et la polaire de f_2 dans celles de I_1^3.

2. Supposons que l'on connaisse, sur C_2, deux ternes d'éléments neutres de I_3^4 : l'involution I_1^3 correspondante est déterminée. La conique d'involution, K, de cette I_1^3, a pour équation

$$\begin{aligned}(a_0a_2 - a_1^2)z_1^2 + 4(a_1a_3 - a_2^2)z_2^2 + (a_2a_4 - a_3^2)z_3^2 \\ + 2(a_1a_4 - a_2a_3)z_2z_3 + (a_0a_4 + a_2^2 - 2a_1a_3)z_1z_3 \\ + 2(a_0a_3 - a_1a_2)z_1z_2 = 0.\end{aligned}$$

Cette conique rencontre aussi C_2 aux points racines du hessien h_4. Donc C_2, H_4 et K appartiennent au même faisceau.

L'équation de K peut s'écrire

$$H_4 + I.C_2 = 0,$$

I désignant l'invariant du second ordre du système fon-

damental de f_4. Lorsque $l = 0$, les coniques H_4 et K coïncident; dans ce cas, les racines de f_4 (*), c'est-à-dire les points quadruples de I_3^4, marquent sur C_2 une division équianharmonique.

Si l'on recherche la polaire réciproque de C_2 par rapport à F_4, on trouve K. La conique K passe donc par les points de contact, sur F_4, des tangentes communes à C_2 et à F_4.

Il résulte de là que les huit points de contact des tangentes communes à C_2 et à F_4 sont sur la conique K (**).

Si donc on donne deux ternes d'éléments neutres de I_3^4, on pourra construire la conique d'involution K; en menant, par les intersections de K et C_2, les tangentes à C_2, ces droites rencontrent K en quatre nouveaux points : la conique F_4 est alors déterminée par quatre tangentes et leurs points de contact.

Remarquons encore que l'invariant du troisième ordre du système fondamental de f_4 est le discriminant de la conique F_4. Donc, si cet invariant est nul, F_4 devient deux droites : les points quadruples de I_3^4 forment une division harmonique du second ordre. En outre, la conique K est composée des deux tangentes à C_2 menées par l'intersection des droites F_4 : deux des points doubles des éléments neutres de I_3^4 coïncident entre eux ainsi que les deux autres points doubles (***).

(*) G. Salmon, *Algèbre supérieure*, p. 269 (traduction de M O. Chemin, 1890).

(**) Nous avons ainsi, dans un cas particulier, une démonstration du théorème de von Staudt : Les huit points de contact des tangentes communes à deux coniques sont sur une troisième conique.

(***) Voir *Applications de la théorie des formes algébriques à la géométrie*, par M. C. Le Paige. (T. XLII des Mém. cour. et Mém. des savants étrang. de l'Acad. roy. de Belgique.)

3. Considérons simultanément la conique F_4, le pôle et la polaire d'une forme $f_2 \equiv c_x^2$.

La polaire, prise par rapport à F_4, de ce pôle, est définie par l'équation

$$(f_4, f_2)^2 = 0;$$

de sorte que cette polaire marque, sur C_2, les racines de cette dernière équation. Cette polaire est précisément l'axe de l'involution I_1^2 qui correspond à un couple donné, dont les points ont pour paramètres les racines de f_2, dans l'involution I_3^4 définie par $f_4 = 0$.

Corrélativement, le pôle, par rapport à H_4, de la polaire de f_2, est le point central de l'involution I_1^2 correspondant au couple donné dans I_3^4.

Admettons que $f_2 \equiv c_x^2$ détermine un couple d'une involution I_2^4 répondant aux deux formes $f_4 \equiv a_x^4$, $f'_4 \equiv b_x^4$, et supposons connues les coniques F_4 et F'_4. En appliquant ce qui vient d'être dit successivement aux coniques F_4 et F'_4 ou H_4 et H'_4, on obtient les axes ou les points centraux de deux involutions I_1^2. Les tangentes menées par l'intersection des axes, ou la droite de jonction des points centraux, déterminent, sur C_2, le couple qui complète le quaterne de l'involution I_2^4 dont les racines de f_2 forment un couple donné.

4. Au jacobien des deux formes $f_4 \equiv a_x^4$ et $f_2 \equiv b_x^2$ correspond la conique dont l'équation est

$$\begin{aligned}(a_0b_1 - a_1b_0)z_1^2 + 2(a_1b_2 - a_2b_0)z_1^2 + (a_2b_2 - a_4b_0)z_2^2 \\ + (3a_2b_2 - 2a_3b_1 - a_4b_0)z_2z_3 + (a_1b_2 - a_2b_0)z_1z_3 \\ + (a_0b_2 + 2a_1b_1 - 3a_2b_0)z_1z_2 = 0.\end{aligned}$$

Cette conique, J_4, rencontre C_2 aux points racines de

$(f_4, f_2)^1 = 0$. Il est aisé de reconnaître que J_4 passe par le pôle B de f_2 et que, en B, elle est tangente à la droite joignant B au pôle de la forme $(f_4, f_2)^2$. En outre, le triangle diagonal du quadrilatère complet, obtenu en joignant les points communs aux coniques C_2 et F_4, est inscrit à J_4. Cette courbe est donc déterminée par quatre points et la tangente en l'un d'eux.

Or on a

$$[f_4, (f_4, f_2)^1]^4 = 0.$$

Donc les points où J_4 rencontre C_2 forment un quaterne de l'involution I_3^4 ayant pour points quadruples les racines de $f_4 = 0$. Il est par conséquent facile, lorsque l'on connaît la conique F_4, ou deux ternes d'éléments neutres de I_3^4 (n° 2), de construire une double infinité de quaternes de cette involution.

La conique J'_4, réciproque de J_4 par rapport à C_2, est tangente à la droite polaire de f_2 au point où cette polaire est coupée par celle du pôle de f_2 relative à H_4; elle est tangente aussi aux côtés du triangle diagonal ci-dessus. Les tangentes communes à J'_4 et C_2 marquent, sur C_2, un quaterne de I_3^4.

5. Si, dans une forme $f_2 \equiv b_x^2$, on a

$$b_0 b_2 - b_1^2 = 0,$$

la polaire de cette forme est tangente à C_2, au pôle de f_2. De sorte que la forme linéaire $f_1 \equiv c_x$ peut être regardée comme représentant un point de C_2 et la tangente en ce point.

Supposons que ce point appartienne à un quaterne de l'involution I_3^4; les ternes, qui complètent le groupe,

font partie d'une I_3^2 dont les points triples sont racines de l'équation

$$(f_4, f_1)^4 = 0.$$

Considérons actuellement le jacobien

$$(f_4, f_1^2)^4 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Il lui correspond une conique J_4 passant par les sommets du triangle autopolaire commun aux courbes F_4 et C_2 et par le point f_1^2 de C_2, où elle a pour tangente la droite joignant ce point au pôle, pris par rapport à F_4, de la tangente f_1^2. Les racines de ce jacobien sont les intersections de J_4 et C_2.

Or l'expression (2) se décompose en deux facteurs dont l'un est $(f_4, f_1)^4$, l'autre f_1. L'une des intersections considérées représente donc le point f_1 de C_2; les trois autres sont les racines de

$$(f_4, f_1)^4 = 0.$$

Nous avons ainsi construit les points triples de l'involution I_2^3 qui correspond à un élément donné dans une I_3^4 dont on connaît la conique F_4. Les quaternes de cette I_3^4, qui ont un élément commun, sont composés de cet élément et des ternes de l'involution I_2^3 que nous venons de déterminer.

6. Considérons maintenant trois points de C_2 comme appartenant à un quaterne de l'involution I_3^4 dont on connaît la conique F_4 et proposons-nous de chercher le point qui complète le quaterne.

Nous pouvons momentanément envisager l'un de ces points comme étant la racine

$$\lambda = -\frac{b_1}{b_0}$$

d'une forme $f_1 \equiv b_x$. Il nous sera facile (n° 5) de déterminer les racines de l'équation

$$(a_0\lambda + a_1)x_1^3 + 3(a_1\lambda + a_2)x_1^2x_2 + 3(a_2\lambda + a_3)x_1x_2^2 + (a_3\lambda + a_4)x_2^3 = 0,$$

que nous prendrons pour points triples d'une Γ_1^3. Les deux autres points, de paramètres μ et ν, seront maintenant regardés comme étant deux points d'un terne de cette Γ_1^3. Les constructions données par M. C. Le Paige pour les involutions cubiques (*) permettent de trouver le point ϖ qui complète le terne. Les valeurs μ, ν, ϖ satisfont dès lors à l'égalité

$$(a_0\lambda + a_1)\mu\nu\varpi + (a_1\lambda + a_2)\Sigma\mu\nu + (a_2\lambda + a_3)\Sigma\mu + (a_3\lambda + a_4) = 0,$$

qui peut s'écrire

$$a_0\lambda\mu\nu\varpi + a_1\Sigma\lambda\mu\nu + a_2\Sigma\lambda\mu + a_3\Sigma\lambda + a_4 = 0.$$

Le point ϖ est donc le point cherché.

Remarquons que si les points λ, μ, ν sont racines d'une forme $f_3 \equiv b_x^3$, le point ϖ est la racine de l'équation

$$(f_4, f_3)^3 = 0.$$

7. Nous pouvons encore compléter le quaterne com-

(*) *Essais de géométrie supérieure de troisième ordre,* par M. C. Le Paige. (Mém. de la Soc. des sciences de Liége, t. X.)

commun à trois involutions I_3^4, quaterne dont on donne un point.

En effet, soient F_4, F_4', F_4'' les coniques correspondantes à ces trois involutions et f_1 la forme définissant le point donné sur C_2.

En appliquant les constructions indiquées au n° 5, nous obtenons les racines de chacune des équations cubiques

$$(f_4, f_1)^1 = 0,$$
$$(f_4', f_1)^1 = 0,$$
$$(f_4'', f_1)^1 = 0,$$

qui représentent trois involutions I_2^3. On voit que la solution du problème actuel revient à la construction du terne commun à trois involutions I_2^3 dont on connaît les points triples; cette construction a été effectuée par M. C. Le Paige (*Essais de géométrie supérieure*, p. 83).

Ainsi donc, si, dans une involution I_1^4, on connaissait les coniques F_4, F_4', F_4'' qui définissent les involutions I_2^3 déterminant I_1^4, on pourrait, par ce qui précède, construire les quaternes de cette I_1^4.

8. Si l'on considère les paramètres des points de contact des côtés d'un triangle circonscrit à C_2 comme étant les racines d'une forme $f_3 \equiv a_x^3$, on peut voir : 1° que le point d'intersection des droites joignant chaque sommet au point de contact du côté opposé est le pôle du hessien de f_3; 2° que la polaire du jacobien

$$(f_3, f_1)^1 = 0$$

passe par ce pôle.

Cette polaire se construit facilement. Elle est l'axe d'homologie du triangle considéré et du triangle dont les sommets sont marqués, sur C_2, par les droites joignant le point f_1 de C_2 aux sommets du triangle considéré.

En appliquant ces principes aux deux cubiques

$$\left.\begin{aligned} f_3 &= \frac{\partial f_4}{\partial x_1} \\ f'_3 &= \frac{\partial f_4}{\partial x_2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

et à la forme $f_1 \equiv c_x$, dont la racine est

$$\lambda = -\frac{c_1}{c_0},$$

les deux polaires de jacobiens

$$\left.\begin{aligned} (a_0\lambda + a_1)z_1 + 2(a_1\lambda + a_2)z_2 + (a_2\lambda + a_3)z_3 &= 0 \\ (a_1\lambda + a_2)z_1 + 2(a_2\lambda + a_3)z_2 + (a_3\lambda + a_4)z_3 &= 0 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (4)$$

sont les rayons homologues de deux faisceaux projectifs; ceux-ci déterminent une conique K′ qui passe par les pôles des hessiens des formes (3).

Les tangentes menées à C_2 par l'intersection des droites (4) marquent sur C_2 deux points définissant le couple (μ, ν) commun aux involutions I_1^2, ayant (4) pour axes. De sorte que (λ, μ, ν) forme un terne d'éléments neutres de I_3^4.

Permutons les rôles de λ et μ, de λ et ν; nous trouvons que le triangle formé par les tangentes aux points λ, μ, ν, circonscrit à C_2, est inscrit à K′; K′ est ainsi la conique K, définie ci-dessus. L'élimination de λ, entre les relations (4), donne d'ailleurs l'équation de K.

Donc la conique K (et par suite la conique F_4) peut être obtenue soit en connaissant (n° 2) deux ternes d'éléments neutres de I_3^4, soit en connaissant les six points de C_2 dont les paramètres sont racines des dérivées partielles du premier ordre de f_4.

La pression osmotique de la salive sous-maxillaire du Chien; par le docteur P. Nolf.

On possède peu de données concernant la valeur de la pression osmotique de la salive. Je ne connais à ce sujet que quelques déterminations très peu nombreuses (quatre) parues dans un travail de Fano et Bottazzi (1) sur la pression osmotique du sérum. Ces déterminations, faites sur des échantillons de salive obtenue dans des conditions d'expérimentation très différentes, sont en nombre insuffisant, comme le déclarent eux-mêmes les auteurs italiens, pour permettre une conclusion d'ordre quelque peu général.

A priori, on peut supposer que la valeur de la tension osmotique de la salive dépend avant tout, sinon exclusivement, des sels qu'elle contient. Or cette teneur est très variable dans la salive sous-maxillaire du Chien, obtenue par excitation de la corde du tympan. Elle varie de 0.21 (Werther) (2) à 0.77 % (Werther, Langley et Fletcher) (3). Toujours elle reste inférieure à la richesse en sels du sang.

---

(1) Fano et Bottazzi, *Sur la pression osmotique du sérum*. (Archives italiennes de biologie, t. XXVI, p. 45.)

(2) Werther, *Einige Beobachtungen über die Absonderung der Salze im Speichel*. (Pflüger's Archiv, 1886, t XXXVIII, p. 293.)

(3) Langley et Fletcher, *Philosoph. Transact*. London, 1889 (cité d'après l'article de Langley dans *Text-book of physiology* de Schäfer).

D'après les recherches classiques de Heidenhain (1), la variabilité de la teneur en sels de la salive tympanique est plus apparente que réelle. Elle est déterminée d'une façon constante (même dans des expériences de longue durée) par l'intensité de l'excitation, qui produit la salivation.

Une augmentation d'excitation augmente en plus forte proportion la sécrétion des sels que celle de l'eau, ce qui veut dire que plus la salive coulera vite, plus elle sera salée. Les matières organiques de la salive sont également sécrétées en plus grande abondance lors d'une augmentation de l'excitation. Mais leur élimination est beaucoup plus irrégulière que celle des sels, et elles vont rapidement diminuant du début à la fin de l'excitation (2).

Dans les recherches dont le résultat sera exposé plus loin, il a été procédé à un examen comparatif de la teneur en sels et en matières organiques d'une part, et, d'autre part, du point de congélation de divers échantillons de salive recueillis dans des conditions d'expérience différentes.

L'excitant employé fut toujours le courant induit du chariot de du Bois-Reymond. Étant donné le but poursuivi, il était inutile d'avoir recours à des excitations

---

(1) Voir article de Heidenhain dans *Handbuch der Physiologie* de Hermann, t. V.

(2) Heidenhain, *Ueber secretorische und trophische Drüsennerven.* (Pflüger's Archiv, 1878, t. XVII, p. 1.)

électriques d'intensité bien connue et bien constante. C'est pourquoi il fut fait usage, dans la plupart des cas, comme source électrique, d'une pile à trois éléments au bichromate de potasse, dont la force électro-motrice est loin d'être constante. Cependant, même dans ces cas, lorsque l'expérience est de courte durée, on peut encore mesurer approximativement la valeur de l'excitation par l'écart des deux bobines de l'appareil. D'autant plus qu'il existe un contrôle physiologique de cette mesure, qui est la vitesse d'écoulement de la salive. Nous savons en effet, depuis Heidenhain, que cette vitesse croît avec l'excitation.

Dans les expériences où il fallut plus de constance dans l'intensité du courant primaire, on eut recours soit à une pile thermo-électrique, soit au courant d'un accumulateur de grande capacité se déchargeant à travers un circuit de forte résistance.

Les expériences se firent toujours sur des chiens anesthésiés au chloroforme. On introduisait dans chaque canal de Wharton une petite canule en verre et l'on excitait la corde au moyen d'électrodes pour nerfs profonds.

Au début d'une excitation, le flux de salive est habituellement plus rapide qu'au bout d'un certain temps, ce qui nécessite, si l'on veut obtenir un écoulement quelque peu régulier, une augmentation graduelle de l'excitation, que l'on obtient par le déplacement de la bobine secondaire.

On commençait habituellement par recueillir un ou plusieurs échantillons d'un peu plus de 15 centimètres cubes dans de petits cylindres gradués, où la salive cou-

lait par l'intermédiaire d'un petit tube en caoutchouc adapté à la canule.

Sitôt après l'obtention, le cylindre renfermant le liquide était bouché par un bouchon en caoutchouc. Habituellement, l'une des glandes était excitée faiblement, ce qui provoquait une sécrétion lente ; l'autre, fortement. Ensuite il était procédé à l'obtention d'un échantillon de salive sous pression. A cet effet, la salive s'écoulait dans un grand tube à réaction fermé par un bouchon en caoutchouc à deux ouvertures, dont l'une laissait passage au tube amenant la salive, l'autre servait à relier le récipient avec un appareil dans lequel régnait une pression d'eau variable suivant les circonstances, absolument constante dans le cours de chacune d'elles.

A l'effet de rendre le plus évident possible l'effet de cette pression, on employait habituellement la pression limite permettant une salivation encore assez abondante pour que la quantité de salive écoulée successivement des deux glandes dépassât 15 centimètres cubes. Cette pression était d'environ 135 à 140 centimètres d'eau.

Dans ces conditions, l'écoulement de la salive est laborieux. Il s'effectue lentement et il faut toujours, pour l'obtenir, une excitation initiale plus intense que celle suffisant à provoquer un flux de salive s'écoulant librement. D'autre part, la glande se fatigue rapidement ; c'est ce qui a nécessité, dans la plupart de ces expériences, l'excitation consécutive des deux glandes pour que la quantité de salive totale fût suffisante. A la fin de l'expérience, les glandes étaient habituellement augmentées de volume et plus dures que normalement. Dans l'expérience I, où la pression employée fut de $1^{m},50$ d'eau, il y avait

à la fin de l'expérience une infiltration de la salive dans le tissu conjonctif intra- et périglandulaire.

Dans toutes les expériences, excepté dans le n° III, la pression artérielle moyenne, mesurée dans la crurale, dépassait la pression régnant à l'intérieur de la glande. Dans l'expérience III seule, elle fut inférieure, ne dépassant pas 86 millimètres de mercure, ce qui équivaut à 116 centimètres d'eau. Faut-il voir en cela la cause d'une sécrétion de salive très peu abondante et tôt arrêtée, observée dans cette expérience?

A la fin des essais, on prélevait une quantité de sang suffisante pour pouvoir déterminer le point de congélation du sérum.

Trois chiens (I, VI et VII) présentèrent sans motif apparent une salivation spontanée assez abondante pour qu'il pût y être fait une détermination cryoscopique.

La détermination du point de congélation s'opéra suivant les règles habituelles. On procéda à la détermination du 0° lors de chaque expérience. Le résultat indiqué est toujours la moyenne d'au moins trois lectures différentes.

L'analyse chimique de l'échantillon fut opérée comme suit : Dans un creuset de platine de poids connu, on pesait, au milligramme, environ 10 à 15 centimètres cubes de salive. On desséchait à 100-110° jusqu'à poids constant, ce qui fournissait le poids de l'extrait sec. Puis on incinérait modérément, lavait les cendres à l'eau chaude et filtrait. Filtre et charbon étaient calcinés au rouge-blanc dans le même creuset, dans lequel on évaporait ensuite le liquide salin, dont on pesait le résidu après courte calcination au rouge sombre. La différence

entre le poids des sels et le poids du résidu sec donnait la quantité de matière organique contenue dans la salive (1).

Parmi les sels que contient la salive, de beaucoup le plus important est le chlorure de sodium, auquel sont mélangés en petite quantité du carbonate de sodium, des traces de sulfate ainsi que de faibles quantités des mêmes sels de potassium ; enfin, un peu de carbonate et de phosphate de calcium. Il m'a semblé intéressant, étant donné le poids de cendres contenu dans chaque échantillon, de calculer quel serait le point de congélation d'une solution de chlorure sodique pur contenant la même quantité de sels. Les chiffres ainsi obtenus ont été placés en regard du point de congélation de la salive observé directement. Comme base de ce calcul, j'employai une détermination du point de congélation d'une solution (2) décinormale de chlorure sodique faite par Hedin, pour laquelle $\Delta = -0^{\circ},360$. Cette concentration (0.58 %) ne dépasse que légèrement la moyenne des concentrations observée dans la salive, et l'on peut admettre que, dans des limites aussi étroites, il n'y a pas de variation sensible de la valeur du coefficient de dissociation électrolytique du sel.

---

(1) Dans la première expérience, le dosage des sels se fit par pesée immédiate après calcination du résidu sec de la salive, jusqu'à combustion complète du charbon; quelle que soit la précaution mise à cette opération, il y a toujours dans ces cas, si l'on attend la disparition complète du charbon, une légère perte de sel.

(2) Hedin, *Ueber die Permeabilität der Blutkörperchen*. (Pflüger's Archiv, 1897, t. LXVIII, p. 229.)

	Écart des bobines.	Quantité de salive recueillie en centimètres cubes.	Temps en minutes.	Quantité sécrétée par minute en centimètres cubes.	Pression en mètres d'eau.	Teneur en sels.	Teneur en matière organique.	Point de congélation observé (de la salive).	Point de congélation calculé.	Point de congélation du sérum.
4 octobre 1900.										
Chien de 22 kilogr.										
1° Glande droite. . .	Salivation spontanée.	17	42′	0.40	»	0.32 °/°	0.50 °/°	- 0.195	- 0.197	»
2° Glande gauche . .	16 - 10	15	16′	0.94	»	0.50	0.77	- 0.293	- 0.308	»
3° Deux glandes. . .	16 - 10	14	17′	0.82	1,5	0.65	0.80	- 0.408	- 0.401	- 0.590
5 octobre.										
Chien de 21 kilogr.										
1° Glande gauche . .	18 - 12	15.5	42′	0.36	»	0.33	0.62	- 0.193	- 0.203	»
2° Glande droite. . .	»	15	19′	0.79	»	0.51	0.95	- 0.300	- 0.314	»
3° Deux glandes. . .	»	8	24′	0.33	1,37	0.63	0.67	»	»	- 0.594
9 octobre.										
Chien de 14 kilogr.										
1° Glande droite. . .	13 - 10	15	36 (?)	0.42 (?)	»	0.61	0.65	0.350	[illegible]	»
2° Glande droite. . .	10 8	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»	»	»
3° Glande gauche	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

11 octobre.										
Chien de 24 kilogr.										
1° Glande droite . .	18 - 17	15.5	35′	0.44	»	0.55	0.80	- 0.296	- 0.338	»
2° Glande gauche. .	18 - 10 (Nerf en mauvais état).	14.5	28′	0.52	»	0.61	0 80	- 0.354	- 0.375	»
3° Deux glandes. . .	12 - 10	23	33′	0.69	1,37	0.79	1.08	- 0 466	- 0.486	»
4° Glande droite . .	21	16	30′	0 53	»	0.52	0.58	- 0.298	- 0 320	- 0.566
13 octobre.										
Chien de 13 kg, 5										
1° Deux glandes .	11 - 8	17 75	42′(?)	0.42 (?)	1,35	0.75	0.91	- 0.443	- 0.461	»
2° Glande gauche . .	18 - 7.5 (Nerf en mauvais état).	15.5	39′	0.39	»	0.43	0.41	- 0.237	- 0.264	»
3° Glande droite. . .	10 - 7	15	7′	2.14	»	0.64	0.56	- 0.377	- 0.393	- 0.579
18 octobre.										
Chien de 31 kilogr.										
1° Glande droite . .	Salivation spontanée.	17	30′	0.56	»	0.20	0.12	- 0.109	- 0 123	»
2° Glande gauche. .	17 - 15	15.5	33′	0.47	1,37	0.55	0.94	- 0.305	- 0.338	»
3° Glande droite . .	12 - 11	16	4′	4.0	»	0.53	0.99	- 0.293	- 0.326	- 0.584
20 octobre.										
Chien de 14 kilogr.										
1° Glande droite . .	Salivation spontanée.	16	42′	0.38	»	»	»	- 0.266	»	»
2° Glande gauche . .	10 (10 excitations par seconde).	16	15′	1.06	»	0.58	0.85	- 0.334	- 0.356	»
3° Glande gauche . .	Idem.	15	14′	1.07	»	0.58	0.71	- 0.334	- 0.356	»
4° Glande gauche . .	10 (160 excitations par seconde).	11	14′	0.78	»	0.61	0.68	- 0.354	- 0.375	0.578
5° Glande droite . .	Idem.	15	23′	0.65	»					

Les résultats principaux de ces recherches sont d'abord, en ce qui concerne la salive écoulée sans obstacle à sa sortie, une confirmation complète de la loi énoncée par Heidenhain, qui dit que la teneur en sels est fonction de la rapidité de sécrétion.

Il existe une seule exception : la dernière expérience (1). Ici, en multipliant les interruptions, tout en ne changeant rien à la position des bobines, j'ai pu obtenir une légère augmentation de la teneur en sels, avec diminution marquée de la rapidité de sécrétion. Une autre expérience, non mentionnée, opérée dans les mêmes conditions, m'a donné les mêmes résultats. Je me propose de continuer l'étude de ce point.

Seulement, ces résultats sont obtenus en introduisant dans l'expérience une variable nouvelle et n'infirment pas la loi de Heidenhain. Ils ne font que la limiter. Il reste donc vrai que, pour des chocs d'induction de même nombre, toute augmentation d'intensité de l'excitation amène une rapidité plus grande de sécrétion et une concentration saline plus considérable du liquide sécrété.

On pourrait ajouter qu'elle augmente la tension osmotique du liquide parallèlement à sa teneur plus forte en sels.

C'est là, en effet, un autre résultat, qu'il fallait d'ailleurs prévoir *a priori*. A ce sujet, il est intéressant de comparer le point de congélation observé et celui calculé en supposant les cendres constituées exclusivement de chlorure sodique. On constate que, dans toutes les expériences (à part la première, où il y a eu légère perte de

(1) Les interruptions étaient opérées par l'appareil à lame vibrante de Kronecker, intercalé dans le circuit primaire.

chlorure sodique pendant l'incinération), le chiffre calculé dépasse d'environ 0°,01 à 0°,03 le chiffre observé. Cette différence en plus s'explique facilement par le fait que les autres sels de la salive ont tous, à poids égal, un pouvoir osmotique plus faible que le chlorure sodique, soit par suite d'un poids moléculaire plus élevé (KCl), soit à cause d'un poids plus élevé et d'une dissociation électrolytique moindre (K_2SO_4, Na_2CO_3, etc.).

Il est difficile de faire exactement l'évaluation de la perte de pouvoir osmotique totale due à ces facteurs.

On peut toutefois affirmer que, vu la faible proportion de ces substances et les différences pas trop considérables qui existent entre leur pouvoir osmotique et celui du chlorure sodique, la diminution du point de congélation qui en résulte ne peut être que faible, ce qui revient à dire que la pression osmotique de la salive est due, sinon exclusivement, au moins dans sa presque totalité, aux sels qu'elle contient.

Cette constatation est la condamnation de toute théorie qui, à l'exemple de celle de Hering, voudrait placer dans l'attraction de l'eau par la mucine ou les matières organiques en général, le siège des forces sécrétoires de la glande.

En ce qui concerne les limites supérieure et inférieure des valeurs du point de congélation, on peut constater qu'elles sont assez écartées ($\Delta = -0°,193$ — $\Delta = -0°,396$), équivalant à des teneurs en sels de 0.33 °/₀ à 0.65 °/₀, ce qui fait une moyenne très légèrement supérieure à la moitié de la tension osmotique du sérum.

Pour ce qui est des trois échantillons de salive écoulée spontanément qui ont été analysés, les valeurs sont inférieures ($\Delta = -0°,109$, $-0°,195$, $-0°,266$).

Comme facteur pouvant venir influencer la tension osmotique de la salive, il y a lieu de considérer, au moins à la fin d'une expérience, la concentration possible des liquides organiques, déterminée par la sécrétion d'un liquide pauvre en sels, par la respiration de l'animal ou par toute autre cause. C'est ainsi que le chien III, dont le sérum s'est montré le plus concentré, a également donné des échantillons de salive beaucoup plus concentrés. Ceci est d'ailleurs en accord avec des expériences faites par Novi (1), qui établirent que la salive s'enrichit en sel marin, si l'on mélange celui-ci au sang en quantité suffisante.

Il reste à considérer les résultats obtenus dans les cas où une pression extérieure forte s'opposait à la libre issue du liquide salivaire. Un auteur anglais, Grünbaum (2), avait déjà fait des expériences du même genre, dans des conditions expérimentales peu différentes de celles exposées précédemment.

La salivation était provoquée par l'administration de doses successives de pilocarpine, et les pressions employées étaient habituellement plus faibles (30 à 40 millimètres de mercure) et dans deux cas aussi fortes (100 et 110 millimètres de mercure). Grünbaum faisait le dosage des sels et de la matière organique dans les échantillons ainsi obtenus.

Le physiologiste anglais était arrivé à la conclusion que lorsque la glande sécrète sous pression, la salive

---

(1) Novi, *Ueber die Scheidekraft der Unterkieferdrüse.* (Archiv für Physiologie, 1888, p. 403.)

(2) Grünbaum, *Secretion of saliva.* (Journal of physiology, t. XXII, p. 385.)

obtenue est beaucoup plus riche en sels que si elle était sécrétée avec la même vitesse, quand l'écoulement est libre. De sorte qu'il n'est pas possible d'appliquer ici la loi de Heidenhain, du moins dans la comparaison de liquides sécrétés sous des pressions différentes.

D'autre part, Grünbaum constate qu'il faut toujours une excitation plus forte pour obtenir de la salivation sous pression.

Comme on peut le voir par l'observation du tableau précédent, le résultat des expériences exposées plus haut vient corroborer complètement les observations du physiologiste anglais. Que l'excitation soit médicamenteuse ou électrique, le résultat est donc le même.

Reste à examiner l'explication de ces faits. L'action de la pression sur la teneur en sels pouvait s'expliquer de deux façons différentes. Elle est due ou bien à une action modificatrice directe sur l'activité sécrétante elle-même, ou bien à une filtration à travers les parois des conduits excréteurs, filtration qui serait causée par la pression s'exerçant sur le liquide et qui se limiterait à l'eau de la salive, tandis que les sels et la matière organique seraient retenus à l'intérieur du canalicule.

Grünbaum rejette cette seconde explication ou ne lui accorde qu'une importance toute secondaire. S'il y avait filtration, dit-il, l'enrichissement de liquide devrait porter surtout sur la matière organique. Or si la concentration saline s'accompagne habituellement d'une augmentation dans la proportion de la mucine, cela n'est pas toujours le cas.

Donc c'est dans l'acte même de la sécrétion qu'il faut chercher, d'après Grünbaum, la raison de l'augmentation de la teneur en sels.

Pour mieux apprécier cette opinion, il est utile d'examiner de plus près l'essence du phénomène au point de vue osmotique.

Quand une glande salivaire sécrète, elle élabore un liquide pauvre en sels aux dépens d'un liquide plus salé; elle opère en quelque sorte une distillation incomplète. Cette séparation du sel et de l'eau se fait malgré les lois osmotiques, c'est-à-dire qu'il faut une dépense d'énergie pour l'effectuer. C'est donc un acte vital bien caractérisé.

Fait assez singulier, si l'on excite la glande davantage, elle n'accentue pas du tout ce qui fait la caractéristique osmotique de son travail : elle n'élabore pas un liquide encore moins salé, comme on devrait s'y attendre. Au contraire, la salive est plus salée; l'effort nécessaire pour l'obtenir aux dépens du sang est moindre. Seulement elle est produite en beaucoup plus grande abondance, et de ce fait le travail total est supérieur au précédent. La besogne est faite moins bien, mais plus vite.

Dans l'évaluation du travail fourni par la glande, quand elle sécrète avec ou sans pression, on peut négliger de minimes différences de travail dépendant du frottement plus ou moins considérable du liquide dans les conduits glandulaires et les tubes de réception, dues à des différences possibles de viscosité, pour ne retenir que trois facteurs principaux :

1° La sécrétion d'un liquide de tension osmotique plus ou moins faible aux dépens d'un liquide à tension plus élevée (sang);

2° La pression extérieure à vaincre, nulle dans un cas, forte de $1^m,55$ d'eau dans l'autre;

3° La vitesse de sécrétion.

Si nous comparons la valeur relative des deux premiers

facteurs, nous trouvons le second d'importance très minime comparée à celle du premier. En effet, une différence de tension osmotique entre deux solutions à 37° correspondant à un écart de 0°,005 des points de congélation équivaut environ à une pression hydrostatique de 50 millimètres de mercure ou 0^{m},675 d'eau. La pression de 1^{m},35 d'eau correspond donc à un écart de 0°,01.

A vitesse de sécrétion égale, une glande salivaire fournirait donc un effort égal, si elle sécrétait sous 1^{m},35 de pression un liquide dont le point de congélation serait, par exemple, $\Delta = -0°,443$ et deviendrait, si l'écoulement s'était effectué librement, $\Delta = -0°,433$. Or si nous examinons le résultat de l'expérience V, où les vitesses étaient presque égales, nous trouvons 0°,443 et 0°,237, et tous les autres essais donnent indistinctement des écarts aussi forts. *La concentration saline plus forte du liquide n'est donc pas du tout proportionnelle au travail mécanique supplémentaire imposé à la glande.*

Et ici il y a réellement travail moindre, non plus en apparence, comme dans le cas d'une salivation rapide, mais d'une façon absolue. Il faudrait donc admettre, avec Grünbaum, qu'il y a deux régimes sécrétoires pour la glande, suivant qu'elle sécrète sous pression ou non. Conclusion à laquelle on se résout difficilement, et cela d'autant plus que, dans les expériences de Grünbaum, comme dans les miennes, il faut, pour aboutir à ce travail moindre, une excitation plus forte.

L'étrangeté des conclusions amène le doute quant à la légitimité du point de départ, et l'on en revient tout naturellement à l'autre explication, celle d'une concentration secondaire par filtration.

Quand la salive vient d'être élaborée dans la partie sécrétante de la glande, elle traverse de fins canalicules bordés de cellules non sécrétantes, qui l'amènent dans le canal de Wharton.

La salive est une solution hypotonique de sels et de mucine. Introduite dans la cavité intestinale, ou dans la plèvre ou dans le péritoine, elle s'y mettrait très rapidement en équilibre osmotique avec le sang qui circule dans les parois de ces cavités, et cet équilibre s'effectuerait par absorption d'eau.

A moins de supposer que les cellules délimitant les conduits excréteurs de la glande sont imperméables à l'eau, hypothèse que rien n'autorise, il faut donc admettre que, dans ces canaux aussi, la même tendance à l'équilibration osmotique existe. Seulement en raison de la grande vitesse avec laquelle le liquide salivaire se meut dans ces conduits, il n'est pas donné aux forces osmotiques le temps suffisant pour produire leur effet. Mais si l'on vient à comprimer fortement le liquide à l'intérieur des tubes, on facilite, dans une mesure très grande, la filtration de l'eau à travers l'épithélium; et si le courant salivaire n'est pas très rapide, il faudra s'attendre à voir bientôt l'équilibre osmotique rétabli. Ceci caractériserait une première phase de l'action de la pression. Dans une seconde, il y aurait lieu d'examiner la perméabilité des conduits excréteurs au chlorure sodique. Si cette perméabilité existe, et elle existe pour la plupart des cellules de nos tissus, la filtration continuera et elle ne s'arrêtera que lorsque toute la salive aura été résorbée, à l'exclusion d'un peu de mucine. En réalité, les phénomènes ne sont habituellement pas aussi distincts et la résorption du chlorure sodique peut parfaitement commencer avant

l'établissement de l'équilibre osmotique, mais elle est en tout cas beaucoup moins rapide que celle de l'eau.

On comprend dès lors que, dans une glande supportant une forte pression, il faut une excitation assez puissante pour amener la salive à l'extérieur. Si, en effet, sa production est faible, elle sera résorbée dans les conduits de la glande à mesure de sa production dans les culs-de-sac, et cela d'autant plus facilement qu'une salive sécrétée lentement est fortement aqueuse. Si l'excitation est suffisante, le flot s'accélère et il y a salivation, mais d'une salive fortement concentrée.

Cette explication plus naturelle des phénomènes observés n'exige qu'un postulat : une concentration plus forte en sels et en matière organique. Pour la première, il n'y a point de doute. Quant à la seconde, elle existe souvent, comme le déclare Grünbaum lui-même, mais pas toujours. Il faut remarquer ici que, ainsi que le déclare Heidenhain, la sécrétion de la matière organique est beaucoup plus irrégulière que la sécrétion des sels, et la fatigue glandulaire fait très rapidement sentir ses effets en ce qui la concerne. Dans les expériences citées dans ce travail, la concentration plus forte en sels dans la salive obtenue sous pression a toujours été accompagnée d'une augmentation concomitante de la proportion de matière organique. Seule l'expérience II fait exception, et il s'agit précisément d'un chien où les glandes étaient fatiguées, comme l'indique la faible quantité de salive recueillie dans la troisième prise. Par contre, l'expérience VI plaide entièrement en faveur de l'hypothèse d'une filtration d'eau, avec enrichissement concomitant en sels et en matière organique.

Les faits actuellement observés se comprennent donc très bien dans l'hypothèse de la filtration, et il n'y a pas lieu d'avoir recours, pour les expliquer, à des différences de modalité sécrétoire suivant les pressions. L'analyse de ces phénomènes conduit à la conclusion d'ordre plus général que, dans des expériences sur le mécanisme des sécrétions glandulaires, il y a lieu de faire la part d'actions osmotiques pouvant se passer en sens inverse des phénomènes de sécrétion, quand, par des pressions plus ou moins fortes, on s'oppose à l'issue du liquide sécrété. C'est ainsi que Huber (1) a vu s'absorber l'iodure de potassium injecté dans les bassinets, dès que la pression s'y élevait au delà de 30 à 40 millimètres de mercure.

Ces actions secondaires peuvent dans certains cas, et c'est celui de la salive, se faire complètement à l'opposé de l'action spécifique de la glande, au point d'atténuer ou de masquer même complètement cette dernière.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, si la stagnation de la salive dans les canaux était complète, comme dans le cas de ligature du canal excréteur, il est probable que le liquide accumulé serait en équilibre complet avec le sang. Dans les cas où l'écoulement est très lent, cet équilibre n'est pas loin d'être obtenu : ainsi, dans l'expérience III, la salive atteignait un pourcentage en sels de 0.88 %, tandis que la valeur osmotique du sérum correspondait environ à une solution de 1 % de chlorure sodique.

Les résultats de ces recherches peuvent se résumer ainsi :

1° La valeur osmotique de la salive tympanique du

---

(1) Huber, *Recherches expérimentales sur la résorption au niveau du rein.* (Archives de physiologie de Brown-Sequard, 1896, p. 140.)

Chien est variable; elle oscille dans les expériences faites entre $\Delta = -0^{\circ},193$ et $\Delta = -0^{\circ},396$.

2° La salive sous-maxillaire sécrétée spontanément par l'animal est habituellement plus diluée ($\Delta = -0^{\circ},109$ à $-0^{\circ},266$).

3° La valeur osmotique de ces liquides est due, sinon exclusivement, du moins pour la presque totalité, aux sels qu'ils contiennent.

4° Quand on s'oppose par une pression extérieure à l'écoulement de la salive, celle-ci acquiert un pouvoir osmotique plus élevé. Il faut, pour l'obtenir, une excitation plus forte, et elle coule plus lentement. Ces faits s'expliquent en admettant une résorption d'eau au niveau des tubes excréteurs de la glande.

(Travail fait au laboratoire de physiologie de l'Université de Liége.)

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 17 décembre 1900.

M. Ch. Lagrange, *directeur*.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Jos. De Tilly, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, C. Vanlair, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* Pol. Francotte et Paul Pelseneer, *correspondants*.

CORRESPONDANCE.

MM. les barons Raphaël et Walthère de Selys Longchamps notifient officiellement la mort de leur vénéré père, le baron Michel-Edmond de Selys Longchamps, né à Paris le 25 mai 1813, élu correspondant de la Classe le 7 mai 1841 et membre titulaire le 16 décembre 1846, décédé le 11 décembre courant à Liége, où ses funérailles ont eu lieu le 14.

Déjà, en signe de deuil, comme le fait remarquer M. le Directeur, la Classe, convoquée à la date du 14 pour le jugement de ses concours et pour ses élections annuelles aux places vacantes, avait remis cette réunion au jour actuel, lundi 17 décembre.

J'ai vivement regretté, continue M. Lagrange, qu'une indisposition m'a empêché de me rendre à Liége pour être l'organe des sentiments de l'Académie, mais M. le général De Tilly, vice-directeur, a bien voulu me remplacer pour remplir cette douloureuse mission. M. le Secrétaire perpétuel l'a accompagné, afin que la Classe fût officiellement représentée par son Bureau.

Il ne me reste plus, ajoute M. Lagrange, qu'à adresser, non seulement au nom de la Classe, mais au nom de l'Académie tout entière, un suprême hommage à la mémoire de l'illustre confrère, lequel, depuis presque soixante années, a occupé une place si distinguée dans nos rangs. Il restera vivant parmi nous, aussi bien par la noblesse de son caractère, la bonté et l'affabilité qui le distinguaient, que par ses hautes connaissances scientifiques. A son biographe revient la mission de retracer la part que M. de Selys Longchamps a prise pendant près de trois quarts de siècle dans le mouvement de la zoologie et de la botanique.

Des remerciements sont votés à M. le général De Tilly et à M. le Secrétaire perpétuel pour la mission qu'ils ont été remplir à Liége.

La Classe décide que le discours de M. le général De Tilly paraîtra au *Bulletin*.

M. le Secrétaire perpétuel exprimera à la famille de Selys Longchamps les condoléances de l'Académie.

— M. le comte de Borchgrave d'Altena, chef du Cabinet du Roi, exprime les regrets de Leurs Majestés de ne pouvoir assister à la séance publique de la Classe.

M. de Trooz, Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, exprime des regrets semblables.

L'Académie royale de médecine adresse ses remerciements pour les invitations à cette séance.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet une ampliation de l'arrêté royal en date du 1er décembre, nommant président de l'Académie pour 1901, M. Éd. Fétis, directeur de la Classe des beaux-arts pendant ladite année.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Mathesis, recueil mathématique,* tomes XVII et XIX; par P. Mansion et J. Neuberg;

2° *La main psychologique;* par C. Vanlair;

3° *Notice biographique sur A. Milne-Edwards;* par Bernard Renault, associé;

4° a) *Album climatologique de Roumanie;* b) *Régime pluviométrique de Roumanie;* c) *Organisation du Service météorologique de Roumanie;* par St.-C. Hepites, directeur de l'Institut météorologique de Roumanie (présentés par M. Lancaster, avec une note qui figure ci-après);

5° *Icones selectæ horti Thenensis.* Iconographie de plantes ayant fleuri dans les collections de M. Van den Bossche; avec les descriptions et annotations de M. Ém. De Wildeman, tome Ier, fascicules 6-8.

— Remerciements.

Discours prononcé aux funérailles (1) *de Michel-Edmond baron de Selys Longchamps, membre de l'Académie, né à Paris le 25 mai 1813, décédé à Liége le 11 décembre 1900;* par J. De Tilly, vice-directeur de la Classe des sciences.

MESSIEURS,

L'Académie, la science et le pays viennent de faire une perte considérable en la personne de notre éminent et regretté confrère, M. le baron de Selys Longchamps, doyen d'âge et d'ancienneté de la Classe des sciences.

Né en 1813, dans des conditions de fortune et de position sociale qui lui auraient permis de se borner, comme tant d'autres, à jouir des biens que le destin lui avait départis, il donna un grand exemple, en consacrant toute sa jeunesse à des études sérieuses, dirigées vers deux buts bien différents : l'histoire naturelle, pour laquelle il se sentait des goûts et des aptitudes prononcés; et la politique, préoccupation également noble, lorsqu'on lui donne pour base, comme le faisait de Selys, l'amour sincère du bien de la société et le désintéressement personnel le plus absolu.

Ses premiers succès, dans ces deux ordres d'idées, furent tellement appréciés qu'à l'âge de 28 ans il fut appelé à la fois au conseil de sa commune par les votes

(1) Les funérailles ont eu lieu à Liége, le vendredi 14 décembre 1900.

de ses concitoyens, et à l'Académie de Bruxelles, en qualité de correspondant, par les votes des appréciateurs éclairés de ses mérites scientifiques.

D'autres, plus autorisés que moi, ont assumé la mission de vous parler de sa carrière politique et de vous le montrer toujours impartial, toujours ferme, toujours modéré, toujours courtois, depuis le conseil communal de Waremme jusqu'à la Présidence du Sénat.

Pour moi, je dois me borner à rappeler succinctement ses travaux scientifiques. « Succinctement » est bien le mot ici, car vous n'attendez pas de moi que je cite les deux cent cinquante mémoires, notes, articles, discours, publiés par de Selys dans les recueils scientifiques de notre pays et de l'Europe entière, travaux qui sont tous relatifs à l'histoire naturelle et principalement à l'ornithologie et à l'entomologie, bien qu'il n'ait négligé complètement aucune autre partie de la science du naturaliste.

Je dois me borner à fixer l'attention sur quelques points principaux, tels que sa collaboration aux travaux de Quetelet par les observations des phénomènes périodiques du règne animal et du règne végétal; la publication de la *Faune belge*, qui a longtemps servi de guide aux naturalistes pour l'étude des mammifères, oiseaux, reptiles et poissons de notre pays; les nombreux et remarquables travaux sur les odonates ou libellules, dont de Selys possédait la collection la plus complète qui existe, et qui lui doivent les travaux les plus importants qui aient été publiés sur leur classification. Il en avait décrit toutes les variétés, et des savants étrangers s'occupant des mêmes études avaient réclamé sa collaboration. La monographie des Caloptérygines, qu'il publia avec le

Dr Hagen, de Königsberg, lui a valu, en 1857, une part du prix quinquennal des sciences naturelles.

Enfin, j'ajouterai que la question si importante de l'épuration et du repeuplement de nos rivières a trouvé en de Selys un protagoniste ardent et convaincu, tant au Sénat qu'à l'Académie, et qu'en 1882, notre confrère a institué un prix de 3000 francs, destiné à récompenser le meilleur mémoire sur la purification des eaux contaminées.

de Selys, je l'ai déjà dit, était entré à l'Académie en 1841 comme correspondant; en 1846, il fut élu membre effectif; il fut appelé à la direction des travaux de notre Classe en 1854 et en 1879, et s'il n'a jamais présidé l'Académie tout entière, c'est parce qu'il évitait de se laisser porter à la direction lorsque arrivait le tour de la Classe des sciences pour la présidence de l'Académie.

Un demi-siècle après son élection comme membre titulaire, l'Académie célébra cet anniversaire par une manifestation solennelle, dans la séance générale des trois Classes du 11 mai 1897. Le directeur de la Classe des sciences, qui appartenait alors à la Section des sciences naturelles, a apprécié la carrière scientifique de notre regretté confrère dans un discours remarquable, que j'ai mis à contribution aujourd'hui pour suppléer, dans une certaine mesure, à mon incompétence personnelle.

Le jubilé des cinquante ans passés comme membre effectif de l'Académie ne marqua point le terme de l'activité de notre confrère. Il ne se retira de la vie politique qu'aux élections de 1900, à l'âge de 87 ans, et à cette occasion le Roi lui conféra le grand cordon de son Ordre. Quant à la vie scientifique, rien ne prouve qu'il eût l'intention d'y renoncer.

A la séance publique du 16 décembre 1897, donc plus de six mois après la fête jubilaire, il lut en séance publique une note intitulée : *Le déclin d'une faunule*, c'est-à-dire d'une faune très limitée, celle de Longchamps-sur-Geer (faisant partie de la commune de Waremme), dont il avait observé et recueilli les productions naturelles pendant plus de soixante-dix ans. Pas plus que ses autres travaux, je ne puis analyser celui-ci, mais ses conclusions philosophiques m'ont frappé. L'auteur lui-même les résume en dix mots : « L'homme finit par établir le désert autour de lui. »

Le baron de Selys Longchamps était un des membres les plus assidus de notre Classe. Il assistait encore à notre avant-dernière séance. A la dernière, il avait envoyé au Secrétaire perpétuel une lettre, datée du 30 novembre dernier et dont j'extrais ce passage : « Depuis cinquante-quatre ans que j'ai l'honneur d'être membre effectif de l'Académie, la séance de demain pour la discussion des titres des nouveaux candidats sera la seule à laquelle je n'aurai pu prendre part, à cause de ma santé. » Le Secrétaire perpétuel lui répondit : « La Classe m'a chargé de vous dire combien votre absence lui est pénible. Elle fait les vœux les plus sincères pour que vous puissiez bientôt reprendre parmi nous la place que vous y occupez avec tant de distinction depuis cinquante-quatre ans. »

Hélas ! ces vœux ne devaient pas se réaliser, et avant-hier nous apprîmes avec douleur la perte irréparable que l'Académie a faite en la personne de cet éminent confrère, qui, d'après les expressions si vraies du directeur de 1897, avait conquis tous les cœurs par son caractère droit, loyal, digne, élevé ; par sa courtoisie, qui ne se démentait jamais; par le tact et l'exquise délicatesse

dont il faisait preuve dans ses rapports avec ses confrères.

Adieu donc, cher et vénéré confrère! Puissiez-vous jouir déjà du repos éternel que vous avez si bien mérité par votre vie de travail et de droiture! Au nom de l'Académie, adieu!

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

J'ai l'honneur d'offrir à la Classe, au nom de mon savant collègue et ami, M. St. Hepites, directeur de l'Institut météorologique de Roumanie, un exemplaire des trois dernières publications qu'il vient de faire paraître : 1° *Album climatologique de Roumanie*, comprenant vingt-cinq planches in-plano oblong; 2° *Régime pluviométrique de Roumanie*, cahier in-4° de 76 pages, accompagné de huit cartes; 3° *Organisation du Service météorologique de Roumanie*, cahier in-4° de 70 pages, accompagné de trente-six planches et d'une carte.

Le Service météorologique roumain, de création récente, — il a été fondé il y a une quinzaine d'années, — fait preuve d'une activité remarquable, tant sous le rapport de l'extension rapidement croissante de son réseau climatologique que sous celui de ses publications. Quatorze volumes de ses *Annales*, riches en relevés d'observations et de travaux de tout genre, ont déjà paru, ainsi qu'une série de *Bulletins mensuels* et de *Cartes synoptiques du temps*. Ces recueils sont constamment à jour, c'est-à-dire que les données qu'ils renferment sont toutes de date récente.

Le réseau météorologique roumain comprend actuellement près de quatre cents postes, et c'est grâce aux observations qui y ont été recueillies de 1884 à 1898, que M. Hepites a pu préparer les importantes publications que j'ai l'honneur de déposer sur le bureau.

Un détail qui peut nous intéresser comme Belges : M. Hepites a fait ses études universitaires dans notre pays, et il est le premier ingénieur sorti de l'École polytechnique de Bruxelles.

A. Lancaster.

JUGEMENT DES CONCOURS ET ÉLECTIONS.

La Classe procède :

1° Au jugement de son concours annuel pour 1900 ainsi qu'au jugement de la deuxième période du prix d'astronomie fondé par M. Édouard Mailly;

2° Aux élections pour une place vacante d'associé dans la Section des sciences mathématiques et physiques, et pour une place de correspondant dans la Section des sciences naturelles.

Les résultats des concours et des élections seront proclamés en séance publique.

CONCOURS DE L'ANNÉE 1900.

SECTION DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

TROISIÈME QUESTION.

On demande de compléter, par des recherches nouvelles, l'étude des dérivés carbonés d'un élément dont les combinaisons sont encore peu connues.

Rapport de M. Spring, premier commissaire.

« La Classe des sciences de l'Académie royale avait inscrit dans son programme du concours pour l'année 1900 la question ci-dessus.

Un mémoire nous est parvenu en réponse à cette question; il porte pour devise une constatation énoncée par Moissan : *Nos connaissances sur les composés organiques du fluor sont très limitées.* Comme le choix de cette devise le fait déjà présumer, il s'occupe de combinaisons du carbone dans lesquelles entre le *fluor*.

Le sujet traité répond aux conditions du programme du concours, car nos connaissances sur les combinaisons du fluor laissent loin derrière elles celles que nous possédons sur la plupart des autres éléments abordables.

Nous pouvons, par conséquent, passer à l'examen de la valeur de ce mémoire.

L'auteur commence par rappeler les différentes combinaisons fluorées du carbone que l'on connaît aujourd'hui, depuis le *fluorure de méthyle* préparé, déjà en 1836, par Dumas et Peligot, jusqu'aux préparations toutes récentes de F. Swarts. Il montre, de cette façon, toute la largeur du champ ouvert encore aux recherches.

Le complément apporté par l'auteur à l'étude des dérivés fluorés du carbone ne peut être analysé en détail dans ce rapport; il faudrait pour cela toucher mille points d'ordre trop spécial pour pouvoir être présentés à la Classe des sciences sans abuser de sa bienveillante attention. Je me bornerai à signaler, en résumé, les résultats principaux qui ont été acquis; ils suffiront d'ailleurs pour justifier l'impression que laisse la lecture de ce consciencieux travail.

1° L'auteur a essayé d'abord d'obtenir des alcools fluorés par la réaction de l'oxyde éthénique (ou de l'épichlorhydrine) avec une solution d'acide fluorhydrique. Il s'était laissé guider, dans le choix de cette réaction, par la facilité avec laquelle les oxydes éthéniques réagissent avec les hydracides en général.

L'expérience a révélé que la solution d'acide fluorhydrique ne fonctionne pas comme *hydracide*, mais qu'elle agit comme un *hydratant* : elle forme du *glycol mono-* et *biéthénique* avec l'oxyde éthénique, de la *mono-* et de la *bichlorhydrine* avec l'épichlorhydrine, sans éprouver elle-même la moindre altération chimique. La solution d'acide fluorhydrique agit, en somme, à l'instar d'un ferment, pour *hydrater* et pour *condenser* les oxydes organiques. L'explication de cette action pourra peut-être se trouver dans l'aptitude des *fluorhydrines*, ou alcools fluorés, à réagir avec l'eau. La question se résoudra natu-

rellement lorsqu'on sera parvenu à préparer d'abord ces alcools fluorés.

2° L'auteur a dirigé ensuite ses recherches vers les *acides acétiques fluorés monohalogénés*. On connaissait jusqu'à présent le *bromure de bromfluoracétyle* ainsi que le *bromfluoracétate d'éthyle*. L'auteur a préparé l'acide *bromfluoracétique* lui-même, et il en a fait une étude très complète. C'est un corps cristallin, fondant à 49° et bouillant à 183° sous la pression ordinaire. Cet acide est fort, mais il se décompose lentement avec l'eau en acides glyoxylique, fluorhydrique et bromhydrique. Cette instabilité paraît due à la présence simultanée du fluor et du brome dans le radical de l'acide : le brome se trouvant remplacé d'abord par un oxhydryle (OH), puis le fluor formant de l'acide fluorhydrique aux dépens de cet oxhydryle, grâce à son énorme affinité pour l'hydrogène.

La *force*, ou mieux l'*avidité* de cet acide, a été mesurée par la conductibilité électrique de ses solutions. Il a été constaté que la présence du fluor dans la molécule augmente l'*avidité* de l'acide 1.38 fois plus que ne le fait le chlore.

Comme dérivés de cet acide, il y a lieu de citer : le *chlorure de fluorbromacétyle* CHBrFl.COCl; l'*amide* CHBrFl CO.NH_2; l'*iodfluoracétate d'éthyle* CHIFl.CO C_2H_5; l'*iodfluoracétamide* CHIFl.CO.NH_2; toutes substances qui ont été analysées et dont les plus importantes constantes physiques ont été déterminées.

3° Dirigeant ensuite ses recherches vers une autre catégorie de substances, l'auteur a essayé de remplacer, en partie ou en totalité, le chlore par le fluor dans le tétrachlorure d'acétylène, en vue de comparer les pro-

duits obtenus avec ceux qui se forment, dans des conditions analogues, au moyen du tétrabromure d'acétylène.

En employant le fluochlorure d'antimoine comme agent de fluoruration, l'auteur a obtenu : le *trichlorfluoréthane* $C_2H_2Cl_3Fl$; le *dichlordifluoréthane* $C_2H_2Cl_2Fl_2$; le *chlortrifluoréthane* $C_2H_2ClF'_3$, et un peu de *trichlordifluoréthane* $C_2HCl_3Fl_2$.

On constate donc, ici, une tendance plus prononcée aux fluorurations profondes qu'avec le tétrabromure d'acétylène; en outre, il y a substitution d'hydrogène par le fluor lors de la formation du quatrième des corps cités ci-dessus.

Ces substances ont permis de faire des constatations dont l'intérêt chimique ne passera pas inaperçu.

Le trichlorfluoréthane perd HCl sous l'action de la soude ou de l'alcoolate de sodium et devient l'*éthène dichlorfluoré* C_2HCl_2Fl; en même temps, il y a production d'*éther dichlorfluoré* $C_4H_7OCl_2Fl$. L'éthène dichlorfluoré se combine directement au brome ou au chlore, pour donner du *bibrombichlorfluoréthane* $C_2HBr_2Cl_2H$ ou du *tétrachlorfluoréthane* C_2HCl_4Fl.

Avec l'alcoolate de sodium, il donne l'*éther dichlorovinylique* $C_2Cl_2H\text{-}O\text{-}C_2H_5$.

Enfin ce trichlorfluoréthane abandonne deux atomes de chlore au zinc en poudre et devient du *chlorfluoréthène* C_2H_2ClFl, qui est un gaz à la température ordinaire.

D'autre part, le dichlordifluoréthane donne avec l'alcoolate de sodium le *dichlorfluoréthène* C_2HCl_2Fl et l'*éther dichlorfluoré*. Cette réaction montre que le fluor se comporte, dans certaines conditions, comme l'*halogène le plus parfait*. C'est lui, en effet, que la soude enlève ici, à l'état

HFl, tandis que dans le cas de $C_2H_2Cl_3Fl$, c'était le *chlore* qui était l'élément le plus actif.

Avec la poussière de zinc, le dichlordifluoréthane devient C_2H_2ClFl; il perd donc Cl + Fl; avec le chlore, sous l'action du chlorure d'aluminium, il donne principalement de l'oxychlorure de carbone C_2Cl_6 et un peu de *tétrachlordifluoréthane* $C_2Cl_4Fl_2$.

Cette réaction est intéressante, car, outre le remplacement de l'hydrogène par le chlore, elle prouve le remplacement du fluor par le chlore, alors que le fluor a cependant plus d'activité, relativement au carbone, que le chlore. L'auteur montre que la direction de cette réaction doit être attribuée à ce que le fluor se trouve sollicité, à la fois, par l'hydrogène, par l'aluminium et par le silicium du verre, dans cette réaction.

Tous ces composés que je viens de citer et quelques autres encore, moins importants, ont été analysés et, autant que la chose a été possible, l'auteur en a déterminé également la constitution chimique.

4° L'auteur s'est demandé si le fluorure de potassium fonctionne comme *agent fluorant* à l'égard des composés bromés ou chlorés.

L'expérience a prouvé que, dans les conditions pratiques où l'on peut se placer, le fluorure de potassium ne remplace ni le chlore ni le brome par le fluor, mais qu'il se comporte vis-à-vis des dérivés chlorés ou bromés comme le ferait la potasse. C'est que le verre des vases employés dans les réactions entre ici en jeu : le fluor se combine au silicium du verre et l'oxygène dégagé se combine au potassium. L'oxyde de potassium ainsi formé entre, à son tour, en réaction.

5° Cette action du verre a été étudiée spécialement au

moyen du difluorchlortoluol $C_6H_5CHl_2Fl$. L'auteur est parvenu à convertir ce dérivé halogéné en chlorure de benzoïle. Il appelle, avec raison, l'attention sur cette propriété du verre, relativement aux dérivés fluorés organiques, qui permet donc de remplacer un halogène, le fluor, par l'oxygène, tout en laissant les autres en place.

6° L'auteur a utilisé les dérivés fluorés qu'il a préparés pour déterminer la *réfraction* et la *dispersion atomique* du fluor. Il a constaté que la *réfraction atomique* de cet élément est différente suivant qu'il se trouve uni à un atome de carbone saturé ou à un atome non saturé. La valeur moyenne est 0.941 ou 0.588 selon le cas; elle est donc très faible, comme on le voit. La *dispersion atomique* du fluor est également très faible; elle se rapproche de celle de l'oxygène et varie, en moyenne, de 0.023 à 0.05, selon que l'atome de carbone auquel appartient le fluor est saturé ou non.

7° L'auteur compare ensuite les dérivés fluorés connus avec les dérivés correspondants, chlorés ou bromés, au point de vue de la tension de leur vapeur. Il fait voir qu'en général le remplacement du chlore par du fluor entraîne un abaissement notable du point d'ébullition du composé, en moyenne 43°. Cette valeur n'est guère modifiée par l'accumulation d'atomes de fluor dans la molécule, c'est-à-dire que, si le remplacement d'un atome de Cl par Fl donne un abaissement de 43° dans le point d'ébullition, le remplacement de 2Cl par 2Fl entraînera un abaissement de $43° \times 2 = 86°$. Il est bien entendu que la valeur de l'abaissement du point d'ébullition change avec le genre de corps comparés.

8° Enfin, ce travail se termine par quelques observations sur les propriétés physiologiques des dérivés fluorés.

Il y a lieu de citer celle-ci : *Les composés organiques fluorés sont complètement privés de pouvoir irritant sur la conjonctive, s'ils ne contiennent que du fluor comme halogène.*

Le pouvoir irritant s'accuse seulement quand le poids atomique de l'halogène est plus élevé.

Ce très court compte rendu du travail que la Classe des sciences m'a chargé d'examiner permet cependant, je crois, de reconnaître que nous nous trouvons en présence d'une œuvre de très grand mérite, qui augmente, dans une large mesure, nos connaissances sur les dérivés fluorés du carbone. Je me permettrai d'ajouter que ce travail témoigne, de la part de son auteur, non seulement d'une grande habileté, mais encore d'une très grande application. S'il y a lieu de regretter peut-être qu'il n'est pas aussi copieux qu'on aurait pu le désirer, il convient de ne pas perdre de vue que la nature des déterminations auxquelles l'auteur s'est adonné n'a pu, par suite de leurs difficultés, lui permettre de faire davantage dans le délai fixé par le programme du concours.

Je n'hésite donc pas à regarder ce mémoire comme méritant d'être couronné. »

—

Rapport de M. Louis Henry, deuxième commissaire

« La Classe a déjà pu se faire une idée nette du mérite et de l'importance du mémoire envoyé en réponse à la question de chimie, par le rapport substantiel de mon savant collègue et confrère, M. Spring.

Je me bornerai donc à quelques observations.

La première partie du mémoire est consacrée à rendre compte des essais faits en vue d'obtenir des fluorhydrines

incomplètes d'alcools polyatomiques. Ces essais ont malheureusement été infructueux. J'avais moi-même tenté l'an dernier sans succès de préparer la *fluochlorhydrine glycérique* $ClCH_2 - CH(OH) - CH_2Fl$ dans les mêmes conditions, par l'addition de l'acide fluorhydrique à l'*épichlorhydrine* $C_3H_5 < \frac{Cl}{O}$. L'auteur nous donne la raison de ces insuccès. Je regrette que, la connaissant, il n'ait pas eu l'idée de faire réagir, du moins qu'il n'ait pas fait réagir l'acide fluorhydrique gazeux, en l'absence de l'eau, sur les oxydes des radicaux bivalents, tels que ceux qu'il a employés, l'oxyde d'éthylène et l'épichlorhydrine. Je présume que cette réaction doit présenter certaines difficultés au point de vue expérimental, mais l'auteur est un habile manipulateur, et j'ai la confiance qu'il serait parvenu à écarter bien vite toutes les difficultés d'ordre pratique. Le but à atteindre est important. Les alcools fluorés sont des composés d'un genre tout à fait inconnu jusqu'ici. Au point de vue de la dynamique chimique, ils doivent présenter un haut intérêt. Le voisinage du fluor, plus encore que celui du chlore, doit déterminer, dans certaines conditions de position, une dépression notable dans l'intensité du caractère *alcool*. J'espère que l'auteur voudra bien revenir plus tard sur cet objet digne, à divers points de vue, de tenter sa science et son habileté.

L'auteur avait pensé trouver dans le fluorure de potassium un agent propre à faire pénétrer du fluor dans les composés carbonés. Dans ce but, il a réalisé, sans profit, de nombreuses réactions. Sans être grand prophète, il était permis de prévoir cet insuccès. Le chlorure de potassium ne s'est jamais révélé comme un agent direct de chloruration. Il en doit être ainsi, à plus forte

raison, du fluorure de potassium qui renferme un élément analogue au chlore, mais d'une énergie négative beaucoup plus considérable. Quoi qu'il en soit, cette étude, minutieusement faite, n'aura pas été inutile. Les principes généraux, que l'on est si heureux de posséder, en sont sortis une fois de plus confirmés d'une manière éclatante.

J'arrive à une remarque d'un caractère tout personnel.

Je lis à la fin du mémoire, page 60, les lignes suivantes :

« M. Henry a insisté à plusieurs reprises sur ce fait » que l'influence volatilisante d'un halogène est souvent » d'autant plus prononcée que l'accumulation des atomes » métalloïdiques dans la molécule est plus forte. »

L'auteur me cite certainement de mémoire, car je ne me suis jamais exprimé de la sorte. Et il ajoute immédiatement :

« La même influence ne se reconnaît pas pour les » composés hydrocarbonés que j'ai étudiés. »

Dans les travaux sur les composés carbonés fluorés, publiés depuis plusieurs années par M. Frédéric Swarts, soit dans les *Bulletins*, soit dans les *Mémoires* in-8° de notre Académie, j'ai trouvé, nombreux, des faits du plus haut intérêt (*) qui confirment, à ma grande satisfaction, la proposition que j'ai souvent formulée concernant la relation étroite qui existe entre la volatilité des molécules carbonées et l'accumulation des radicaux négatifs en un point de celles-ci. Je suis certain de trouver dans le travail soumis en ce moment à notre examen

(*) Voir mes rapports sur les travaux de M. F. Swarts, et ma notice *Sur les volatilités dans les composés fluorés*, 3e sér., t. XXXIII, p 195.

des faits nouveaux et non moins abondants pour appuyer, s'il le fallait encore, cette doctrine dans les diverses propositions qui la constituent. J'ai bien l'intention de revenir plus tard sur cet objet avec tous les développements qu'il comporte. Ce n'en est pas évidemment le moment aujourd'hui.

Il ne me reste plus, pour terminer, qu'à formuler une observation d'ordre général.

Je ne m'attendais nullement, je dois l'avouer, à voir présenter, en réponse à la question de chimie, un travail sur les combinaisons carbonées où il entre du fluor. Sans doute, le groupe des composés que forme le fluor avec le carbone n'est pas à comparer, quant au nombre des espèces qui le constituent, avec ceux, d'une incomparable richesse, que forment ses congénères haloïdes, le chlore, le brome et l'iode. Mais de là à dire que les composés fluorés sont peu connus, il y a certainement une grande différence. Je n'en veux pour preuve que les six grandes pages du manuscrit consacrées à faire la revue sommaire de ces composés fluorés. La Classe sait le puissant essor qu'imprimèrent à la chimie du fluor les mémorables travaux de M. Moissan. La Classe se rappelle aussi les nombreux mémoires sur les composés fluorés du carbone qui lui ont été transmis, depuis plusieurs années, par un de nos jeunes et des plus actifs chimistes, M. Frédéric Swarts, travaux qu'elle a toujours accueillis avec une faveur justifiée. Sous ce rapport donc, le travail envoyé pour le concours de chimie pourrait paraître ne pas correspondre parfaitement aux termes de la question, dans leur sens rigoureux. Mais je ne veux pas insister sur ce point dès l'instant que l'auteur lui-même de la question a jugé que le mémoire répond à ce qu'il est en droit

d'attendre. Cette appréciation est, à mon sens, indiscutable.

Ce point étant éclairci, il m'est agréable de déclarer que j'adhère complètement à la conclusion finale du rapport de M. Spring et aux considérants sur lesquels elle s'appuie.

Le remarquable travail qui nous est présenté « empiète, dit son auteur, sur le domaine des recherches » de M. Frédéric Swarts sur les composés fluorés du » carbone », et il ajoute « qu'il s'est entendu à cet égard » avec M. Swarts ». Je le crois volontiers, l'entente a dû être facile et l'accord parfait.

Il arrive ainsi qu'en couronnant le mémoire actuel, l'Académie couronnera en réalité tout ce considérable ensemble de recherches sur les composés fluorés qui lui ont été présentées depuis plusieurs années, et qui figurent avec honneur dans le bilan de la chimie expérimentale en Belgique à la fin du XIXe siècle.

On voudra bien croire qu'en m'exprimant ainsi je n'ai l'intention, à aucun degré, de soulever le voile sous lequel l'auteur se cache en ce moment encore. Ce voile est tellement léger qu'il disparaîtrait au moindre souffle de l'histoire. C'est pourquoi je me hâte de terminer en proposant à la Classe de couronner le mémoire et d'en demander, en même temps, l'impression dans le recueil des *Mémoires* in-8°. »

—

Rapport de M. Delacre, troisième commissaire.

« Je voudrais, m'abritant derrière l'autorité des deux savants dont l'Académie vient d'entendre les rapports, pouvoir me rallier sans commentaires à leurs conclu-

sions. Cependant l'avis de chacun présente des nuances, et il est peut-être de quelque intérêt pour la Classe que je lui fasse part de l'impression que m'a laissée la lecture du mémoire présenté au concours en réponse à la troisième question de chimie.

Je m'empresse de dire que cette impression est très favorable en tout ce qui concerne la partie expérimentale ainsi que les conclusions directes que l'auteur en tire. Mais je regrette, à côté de cela, que ce dernier ait cru devoir introduire certaines déductions lointaines sur l'essence des réactions qui se sont présentées à lui. Ainsi, il nous signale au début le fluor comme le plus métalloïdique des halogènes; il revient plusieurs fois sur cette notion, et cependant il y apporte, au cours de son travail, des matériaux contradictoires; tellement que nous ne savons plus, après la lecture du mémoire, si nous devons admettre cette idée ou la rejeter.

Je ne reproche certainement pas à l'auteur d'avoir mis en lumière des faits ne cadrant pas avec les idées reçues; au contraire. Je regrette seulement que, n'étant pas arrivé à les coordonner avec ce que nous admettons, il ait, malgré cela, adhéré à une théorie qui ne peut se soutenir si les conclusions de ses observations sont rigoureuses.

Cette imperfection est de peu d'importance au fond, et il serait peut-être facile d'en retrouver les causes; mais je ne m'attarderai pas à les rechercher.

Avant de me rallier à tout ce que les deux savants premiers commissaires ont dit d'élogieux sur le mémoire examiné, je dois encore faire remarquer que l'auteur a usé largement des résultats d'un chimiste belge qui s'est

fait un nom dans l'histoire des combinaisons organiques du fluor : M. Frédéric Swarts.

J'ai cru comprendre que le présent mémoire est l'œuvre d'un élève de M. Swarts. S'il en est ainsi, l'Académie, en le couronnant, rendra un juste hommage au savant auteur des travaux appréciés que je viens de rappeler. Ils furent l'origine et la source de celui que nous avons sous les yeux, et il est vraiment regrettable qu'ils ne puissent être récompensés de même.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe de couronner le présent mémoire. »

La Classe adopte les conclusions des rapports de ses commissaires. Elle décerne, en conséquence, le prix proposé de *six cents francs* à l'auteur du mémoire, M. Frédéric Swarts, répétiteur à l'Université de Gand.

SECTION DES SCIENCES NATURELLES.

QUATRIÈME QUESTION.

Existe-t-il un noyau chez les Schizophytes (Schizophycées, Schizomycètes)? Dans l'affirmative, quelle est sa structure et son mode de division?

Rapport de M. Ch. Van Bambeke, premier commissaire.

« L'Académie a reçu un mémoire en réponse à la question ci-dessus.

L'auteur intitule son travail : *Sur le protoplasme des*

Schizophytes; il le divise en trois chapitres : le premier comprenant l'exposé des faits tels qu'il les a observés; le second consacré à l'interprétation des faits; enfin, le troisième et dernier, où il essaie d'appliquer les résultats de ses recherches à la classification des Proto-organismes.

Dans le chapitre consacré à l'observation des faits, l'auteur, s'occupant d'abord de la méthode, nous apprend qu'indépendamment de l'emploi de divers modes de fixation et de coloration, il a toujours examiné les organismes vivants après traitement par une solution aqueuse très diluée ($^1/_{100,000}$ à $^1/_{10,000}$) de bleu de méthylène. Ce procédé, déjà employé avec succès par d'autres observateurs, permet d'obtenir une coloration très vive de certaines parties déterminées de la cellule, sans nuire à la vitalité de cette dernière.

Une solution beaucoup plus concentrée de bleu de méthylène alcalin (bleu de méthylène polychrome) a aussi fourni de bonnes colorations.

Après avoir donné la liste des organismes objets de ses recherches, l'auteur s'occupe en premier lieu des *Bactéries*. Si, chez *Streptococcus mesenteroides*, le protoplasme, examiné à l'aide des moyens optiques à notre disposition, paraît tout à fait homogène, il renferme, chez les autres espèces, du moins à l'état adulte, des granulations dont le nombre et la disposition varient. Nous les trouvons décrites et figurées chez *Sarcina ventriculi*, *Bacillus megaterium*, *Spirillum undula*, *Chlamydothrix fluitans*. Partout ces grains sont isolés dans la cellule, sans substance moins colorable que les grains, mais plus que le protoplasme périphérique; en d'autres termes, il n'y

a pas ici de « corps central », il n'y a que des granulations analogues à celles qui, chez les Schizophycées, se rencontrent à l'intérieur du corps central.

Passant ensuite aux groupes des *Thiobactéries* et des *Schizophycées*, l'auteur du mémoire étudie d'abord la *structure des cellules végétatives adultes au repos*. Après quelques considérations sur la membrane de cellule, les communications protoplasmiques, les vacuoles à gaz ou à suc cellulaire et glycogène, il s'arrête plus longuement sur la couche corticale ou pigmentée. Il entre dans des détails sur la colorabilité de cette couche, son siège, sa délimitation; si celle-ci est nette vers l'extérieur, il n'en est pas de même du côté interne; pour *Oscillatoria princeps*, il confirme les observations de Fischer d'après lesquelles il n'existe pas de limite précise entre la couche corticale et le corps central. Suivent quelques remarques sur les granulations que renferme presque toujours la couche corticale, granulations colorables chez les Thiobactéries par le bleu de méthylène, tout comme celles qui occupent le corps central, non colorables, au contraire, chez les Schizophycées.

Un peu plus de deux pages du mémoire sont consacrées à l'examen du corps central de la cellule au repos. La forme de ce corps, ses dimensions, sa délimitation par rapport à la couche corticale, sa colorabilité sont successivement passées en revue. Sa colorabilité, on le remarque tout de suite après traitement par le bleu de méthylène, prouve qu'il contient deux choses différentes : une substance fondamentale moyennement colorée, et des granulations qui absorbent le bleu avec une très grande énergie. Les granulations que l'auteur a toujours trouvées à l'inté-

rieur du corps central ou à sa surface, au moins chez les Schizophycées, varient pour le nombre et les dimensions.

Dans quelques lignes sur la texture intime du protoplasme, il est dit que jamais la structure alvéolaire décrite par Bütschli, Nadson et d'autres n'a pu être observée.

La partie du travail consacrée à l'étude de la structure des cellules en activité renferme des données sur la division cellulaire, l'allongement des cellules, leur désorganisation, le développement des spores et des hétérocystes.

Les phénomènes qui conduisent à la division cellulaire diffèrent suivant qu'on considère des cellules arrondies à leurs extrémités (la plupart des Thiobactéries et les Croococcacées), ou des cellules cylindriques à cloisons transversales planes (Oscillatoriacées, Scytonématacées et Rivulariacées); mais il s'agit, dans tous les cas, d'une division directe; jamais, à aucun moment ni chez aucune espèce, l'auteur n'a vu apparaître une disposition particulière de la substance fondamentale ressemblant à une figure caryocinétique; jamais, non plus, il n'a pu constater que les granulations exécutassent, pendant la division, des mouvements comme ceux figurés par Nadson.

Plus loin, l'attention est surtout attirée sur les modifications éprouvées par le corps central et les granulations y renfermées, lors de l'allongement des cellules, de leur désorganisation, du développement des spores et de celui des hétérocystes.

Vient ensuite l'*interprétation des faits*.

Dans ce chapitre, l'auteur essaie de répondre aux questions suivantes :

La couche pigmentée est-elle une plastide ?

Le corps central des Thiobactéries et des Schizophycées est-il un noyau ?

Les grains colorés des Bactéries sont-ils des noyaux ?

Enfin, la cellule des Schizophytes est-elle comparable à celle des autres organismes ?

Sans nous arrêter sur la question de savoir si la couche corticale ou pigmentée est une plastide, voyons quelle est, d'après l'auteur, la signification du corps central et des granulations.

Après avoir rappelé, entre autres arguments mis en avant par les partisans de la signification nucléaire du corps central, la constitution chimique de ce corps qui le rapproche plus ou moins de la chromatine, et l'apparition, pendant la division cellulaire, de quelque chose qui rappelle vaguement une figure caryocinétique, il ajoute : « Les opposants ont beau jeu vis-à-vis de pareils » arguments. » D'après lui, en effet, « les caractères » chimiques sont loin d'être constants; ils sont d'ailleurs » insuffisamment établis. Une réaction qui, au premier » abord, semble très probante, la colorabilité par le bleu » de méthylène à l'état vivant, n'a, en réalité, aucune » valeur. En effet, le bleu de méthylène n'est pas l'une » des matières qui colorent le noyau vivant, etc. ». Remarquons, à ce propos, qu'il eût été intéressant d'essayer l'action sur le corps central et les granulations d'une autre teinture, le vert de méthyle acide, regardé par beaucoup d'auteurs, et avec raison, croyons-nous, comme un colorant spécifique du noyau.

Sans doute, tout ce qui a été dit ou figuré au sujet de la division caryocinétique du corps central est loin d'être concluant; mais l'absence de ce mode de division ne nous semble pas un argument de grande valeur contre la nature nucléaire du corps central.

L'assimilation du corps central à un noyau serait infirmée par d'autres arguments qui paraissent décisifs à l'auteur; telles sont : *a*) l'absence de limites nettes; *b*) la vacuolisation du corps central chez *Scytonema cincinnatum; c*) la façon dont le corps central se comporte lorsque la cellule s'allonge (chez les Rivulariacées) ou qu'elle devient une spore ou un hétérocyste.

L'un de ces arguments, l'absence de limites nettes, est-il bien décisif? Il y aurait beaucoup à dire sur la délimitation nucléaire. Rappelons seulement que, dans maints cas, toute délimitation nette entre le noyau et le cytoplasme vient à cesser. C'est ce qui arrive, comme déjà Bütschli le faisait remarquer en 1896, lors de la caryocinèse; c'est ce qui arrive aussi à certaines phases de vie des ovules et des cellules sécrétantes, où non seulement toute trace de membrane nucléaire disparaît, mais où le noyau change de forme, émet des prolongements, de manière à rendre plus intime la relation entre le caryoplasme et le cytoplasme.

En ce qui concerne les grains colorés des Bactéries, l'auteur se range à l'opinion de Migula, d'après laquelle ces grains n'ont pas de signification nucléaire, ni dans le sens admis par Bütschli, ni dans celui proposé par Meyer.

Dans la partie de son travail où il traite de la signification de la cellule des Schizophytes, il arrive à la conclusion que cette cellule, construite sur un autre modèle que celle des autres organismes, ne contient ni une plastide ni un noyau typique. « Il faut, je pense, — c'est l'auteur » qui parle, — considérer que parmi les cellules des êtres » vivants, il y a deux types distincts : d'une part, la cellule » pourvue de cytoplasme et d'un noyau, éléments primor-

» diaux auxquels s'ajoutent les plastides chez beaucoup
» de plantes et de Flagellates; d'autre part, la cellule
» des Schizophytes, à structure beaucoup plus simple. »

Nous ne nous arrêterons pas au chapitre ayant trait à la *classification des organismes inférieurs*, chapitre intéressant sans doute, mais qui est nécessairement le corollaire des idées soutenues par l'auteur sur la signification de la cellule des Schizophytes, et qui n'a d'ailleurs qu'un rapport indirect avec la question posée.

Le mémoire qui porte pour devise : *Quot capita, tot sensus,* commence par cette phrase : « Peu de questions
» ont été autant discutées que celle de la présence ou de
» l'absence d'un vrai noyau chez les Schizophytes. »

Grâce aux recherches de l'auteur, la discussion sera-t-elle close? Nous ne le croyons pas. Rien d'étonnant d'ailleurs, car, si perfectionnés que soient les instruments optiques et la technique dont on dispose aujourd'hui, le problème à résoudre reste entouré de sérieuses difficultés. C'est dire que, malgré les critiques qui précèdent, nous reconnaissons au travail soumis à notre examen une réelle valeur; il est fait avec ordre et méthode; l'exposé est clair; les nombreuses et bonnes figures jointes au texte en facilitent l'intelligence. Si, d'après nous, le mémoire ne résout pas la question, il apporte incontestablement à sa solution une contribution très importante.

En conséquence, je propose à la Classe de couronner le mémoire qui lui a été soumis. »

—

Rapport de M. Errera, deuxième commissaire

« Le rapport si complet et si lucide du savant premier commissaire me dispense de motiver mon avis longuement.

On peut reprocher au mémoire qui nous est adressé de pousser à l'excès une qualité précieuse : la concision. Sans doute, les faits y sont présentés avec clarté, et les diverses parties se suivent et s'enchaînent bien. Mais à force de condenser ses arguments et les conclusions qu'il en déduit, l'auteur leur donne inévitablement une forme un peu trop aphoristique et trop tranchante. De même, on sent qu'il a une parfaite connaissance de la littérature du sujet. Pourquoi a-t-il cru devoir se contenter de nous donner une bonne bibliographie et quelques renvois aux travaux de ses prédécesseurs? Un historique plus détaillé n'eût cependant pas été superflu, car il s'agit ici d'un de ces problèmes où s'enchevêtrent les observations et les interprétations les plus diverses; et, même après les publications allemandes récentes, un exposé critique, méthodique et clair n'eût point fait double emploi.

Il est permis de regretter aussi que l'auteur n'ait étudié que deux types appartenant au groupe des Bactéries sulfuraires : il faut souhaiter qu'il complète ses investigations de ce côté.

Le premier rapport relève enfin une lacune relative à l'usage du vert de méthyle acide. Mais il semble bien que l'omission ne soit qu'apparente et provienne seulement du laconisme excessif dont nous parlions. En effet, l'auteur nous apprend qu'il s'est arrêté à l'emploi du bleu

de méthylène sur le vif, après avoir essayé également « les méthodes ordinaires de fixation et de coloration ». Il est à supposer que parmi celles-ci le vert de méthyle acétique n'aura pas été oublié et, s'il n'en est pas autrement question, c'est sans doute que ce procédé n'aura point donné de coloration différentielle du corps central de la cellule.

Ces quelques réserves ne sauraient empêcher de rendre hommage aux réels mérites du mémoire. Le grand nombre de formes diverses étudiées (une cinquantaine d'espèces, appartenant à presque tous les groupes des Schizophytes); la façon soigneuse dont paraissent faites les observations et les figures; la séparation rigoureuse des faits d'avec leur interprétation; la logique avec laquelle sont déduites, au point de vue de la classification et de la phylogénie, les conséquences des idées auxquelles l'auteur a été amené; tout cela dénote un micrographe habile, un savant qui réfléchit et comprend.

L'auteur arrive à la conclusion que la cellule des Schizophytes ne contient ni une plastide ni un noyau typiques. On ne peut espérer, sans doute, que cette manière de voir soit acceptée désormais par tous les naturalistes, bien qu'elle cadre seule, à notre avis, avec l'ensemble des études faites depuis dix ans. Mais quelle que soit l'issue du débat, on peut être assuré que le mémoire soumis à l'Académie conservera une importance durable, et nous devons nous féliciter de l'avoir provoqué.

Aussi proposons-nous, d'accord avec l'honorable premier commissaire, de lui décerner le prix. »

—

Rapport de M. A. Gravis, troisième commissaire.

« Il y a une vingtaine d'années, on pouvait citer quantité de végétaux inférieurs chez lesquels les cellules semblaient dépourvues de noyau. Le nombre de ces végétaux a toujours été en diminuant, par suite du progrès de l'optique et de la technique micrographique. Aujourd'hui, l'existence des noyaux cellulaires a été constatée partout, sauf chez les Schizophytes. La question posée par l'Académie avait pour but de provoquer des recherches en vue de s'assurer si cette dernière exception est réelle.

L'auteur du travail portant pour devise : *Quot capita, tot sensus,* conclut à l'absence de noyau chez les Schizophytes. Assurément, il est toujours malaisé de justifier un résultat négatif. Je dois avouer cependant que le mémoire soumis à notre appréciation ne contient pas la mention de certaines observations qu'il eût été convenable de relater, notamment : le traitement par les matières colorantes les plus usitées en cytologie, la recherche microchimique de la nucléine, l'action de certains dissolvants, comme le suc gastrique, etc. Quelques réserves semblent donc devoir être formulées sur la conclusion, ainsi que sur les conséquences que l'auteur croit pouvoir en tirer au point de vue de la classification.

Par contre, la première partie du mémoire, qui contient l'énoncé des faits d'observation, constitue une contribution importante à la connaissance de la cellule des Schizophytes. L'auteur y fait preuve de talent, de connaissances approfondies et d'un travail persévérant.

Je me rallie volontiers à l'avis de mes honorables collègues, MM. Van Bambeke et Errera, en demandant à la Classe de décerner le prix à l'auteur du mémoire intitulé : *Sur le protoplasme des Schizophytes.* »

La Classe, adoptant les conclusions des rapports de ses commissaires, décerne le prix de *six cents francs* à l'auteur du mémoire, M. Jean Massart, professeur à l'Université de Bruxelles, assistant à l'Institut de botanique.

PRIX ÉDOUARD MAILLY.

Deuxième période (1896-1899).

Rapport du Jury (M. le général Brialmont, rapporteur) (1).

Lorsque, en 1896, la Classe des sciences de l'Académie eut à décerner pour la première fois le prix Édouard Mailly, ses commissaires, pour se conformer au règlement du concours, n'examinèrent que les travaux « présentés par des auteurs belges ou naturalisés ». Ils écartèrent, en conséquence, des publications importantes qui avaient paru dans les mémoires de l'Académie ainsi que

---

(1) Le jury se composait de MM. Brialmont (rapporteur), De Heen et Terby.

dans la revue *Ciel et Terre*, parce que leurs auteurs s'étaient abstenus de les présenter. Le Secrétaire perpétuel de l'Académie n'avait reçu que les cinq derniers volumes de la revue *Ciel et Terre*, présentés par le Comité de rédaction.

Un membre de la Classe, trouvant, avec raison, que le règlement du concours impose des limites trop étroites à l'examen des travaux, fut d'avis qu'il y avait lieu de le reviser.

Cette revision n'a pas été faite; mais, dans une de ses dernières séances, la Classe a décidé que les commissaires nommés pour le jugement de la deuxième période examineront la question et proposeront, s'il y a lieu, un nouveau règlement.

Comme en 1896, aucun auteur ne s'est présenté en 1899 pour prendre part au concours. Le Secrétaire perpétuel n'a reçu que les numéros parus, depuis quatre ans, du *Bulletin de la Société belge d'astronomie*. Ils ont été présentés par le fondateur de cette société, M. Fernand Jacobs, lequel croit, écrivait-il, pouvoir prendre part au concours à titre de Belge ayant « contribué à répandre le goût et la connaissance de l'astronomie dans le pays », comme, au surplus, s'exprimait Édouard Mailly dans la disposition testamentaire instituant le prix.

Les commissaires se sont donc bornés à examiner si M. Jacobs se trouve dans les conditions qui lui donneraient le droit de concourir.

Nous sommes d'avis que M. Jacobs a fait une œuvre utile et donné un bel exemple de dévouement à la science en créant une revue périodique, dans le but de faire progresser l'astronomie et d'en répandre le goût et la

connaissance. Pour atteindre ce but, il s'est mis en rapport avec un groupe de savants qui lui ont prêté un concours actif et désintéressé. Grâce à ses dons, la Société a pu couvrir les frais d'impression de ses *Bulletins* et organiser des conférences mensuelles dans lesquelles sont exposées et discutées des questions qui offrent un grand intérêt pour l'étude du ciel. Le nombre des collaborateurs, tant belges qu'étrangers, s'est graduellement accru et la presse s'est montrée sympathique à l'œuvre en appelant l'attention du public sur quelques-unes de ses publications.

Bien que la *Société belge d'astronomie* ait moins de titres que la revue *Ciel et Terre*, fondée en 1880, et dont le cadre embrasse plusieurs branches de la science, on doit cependant reconnaître qu'elle a, dans son domaine plus restreint, exercé une influence qui répond à l'attente de son fondateur et dont il y a lieu de lui tenir compte.

Les Belges qui consacrent une partie de leur fortune à l'encouragement et à la propagation de la science ne sont pas nombreux. Dans d'autres pays, les Académies et les Universités reçoivent des dons et des legs considérables, qui leur permettent de donner un grand développement aux explorations, aux voyages, aux expériences et aux publications scientifiques. Il n'en est pas de même chez nous. Quoique notre pays soit un des plus riches du monde, la science y reçoit peu d'encouragement et peu d'appui. On n'apprécie pas à sa valeur le concours que les savants apportent, par leurs découvertes et leurs travaux, au développement de la prospérité commerciale, industrielle et agricole de la nation. C'est pourquoi,

lorsqu'un Belge comprend mieux le grand rôle de la science en cherchant à la faire progresser par son aide et ses libéralités, on doit lui savoir gré des services qu'il rend au pays.

Nous avons, en conséquence, l'honneur de proposer à la Classe de décerner à M. Fernand Jacobs, fondateur de la *Société belge d'astronomie*, le prix de la deuxième période du concours institué par Édouard Mailly.

Les collaborateurs à son œuvre semblent avoir voulu lui faire obtenir cette distinction en ne présentant pas leurs travaux personnels au concours.

Parmi ceux qui ont paru dans le *Bulletin* de la Société depuis 1896, je citerai les suivants :

Les *Instructions générales pour l'observation des étoiles filantes* ainsi que *pour la réduction des observations*, données par M. Stroobant. Elles ont été jugées assez importantes pour être reproduites par la *Société astronomique de France*.

Dans le domaine de l'astronomie physique, M. Fiévez a montré, par ses *Observations de la grande tache solaire de 1898*, tout le parti que des observateurs consciencieux peuvent tirer des petits instruments.

M. Terby a produit une remarquable *Étude sur les observations de la planète Mars faites par M. Schiaparelli, à Milan*, en 1883-1884.

Les articles de vulgarisation de M. l'ingénieur Flamache : *L'univers visible*. — *Le vide dans l'univers*. — *Y a-t-il un feu central?* — et celui de M. Stroobant : *Vue d'ensemble de l'univers*, sont dignes d'éloges.

Comme travaux d'astronomie pratique, nous signalerons un article du commandant d'artillerie Le Maire *Sur*

la description et la construction des cadrans solaires et des cadrans à la Lune et aux étoiles; la méthode de feu M. Ad. de Boë, pour la *Détermination de la latitude des taches du Soleil;* le travail de feu le général Terssen sur *Un globe solaire coordonnateur* et une note de M. Flamache sur *Une méthode de détermination de la parallaxe des étoiles doubles.*

Un grand nombre de savants étrangers, reconnaissant l'importance de la *Société belge d'astronomie,* lui ont offert leur collaboration. Parmi ceux dont les travaux ont paru dans les *Bulletins* de la deuxième période, je citerai MM. Lœwy et Puiseux, l'un directeur, l'autre astronome à l'Observatoire national de Paris; M. Tacchini, directeur à l'Observatoire du Collège romain, à Rome; M. Krieger, directeur à l'Observatoire de Trieste; MM. Ricco et Mascari, l'un directeur, l'autre astronome à l'Observatoire de Catane; MM. Léo Brenner, Cerulli, Rabourdin, Marcel Moye, Quenisset, Bennet, Libert, Deslandres et Barone, astronomes à divers observatoires; M. le colonel du Ligondès et M. Zenger, directeur à l'Observatoire de Prague.

Nous n'apprécierons pas les travaux de ces astronomes étrangers non plus que ceux des collaborateurs belges qui ont publié dans le *Bulletin* des travaux sur des matières autres que l'astronomie.

Ces collaborateurs sont : pour la physique du globe, MM. Eugène Lagrange, Le Paige et Stroobant; pour la météorologie, MM. J. Vincent, P. Marchal, Fiévez, Flamache et Van den Broeck; et pour la physique, MM. Eugène Lagrange, Spring et De Lannoy.

Une publication de la *Société belge d'astronomie* non

moins importante que son *Bulletin* est l'*Annuaire* de la Société; il a un caractère essentiellement pratique et peut être classé parmi les meilleurs annuaires d'astronomie. — Adopté.

COMMUNICATION ET LECTURE.

Sur l'illumination de quelques verres; par W. Spring, membre de l'Académie.

J'ai constaté, il y a déjà quelque temps (1), qu'un éclairage intense décèle, dans un liquide, non seulement les particules microscopiques qui composent les solutions colloïdales, mais encore les particules que le microscope est impuissant à faire voir. Par exemple, quand on dirige un faisceau parallèle de rayons lumineux intenses dans une solution d'un sel pouvant fournir, par hydrolyse, un hydrate insoluble dans l'eau, le faisceau lumineux se marque à travers le liquide et prend une couleur en rapport avec la couleur propre à l'hydrate dégagé. C'est ainsi que dans une solution de chlorure de chrome basique, qui est de couleur violacée sous faible épaisseur, le faisceau lumineux prend la teinte verdâtre de l'*hydrate*

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nos 3-4, pp. 174-300, 1899.

de chrome. Les solutions *optiquement vides* ne peuvent être préparées qu'à l'aide de sels dont les bases, aussi bien que les acides, sont véritablement solubles dans l'eau.

Ce résultat ne concorde pas avec les conclusions que lord Rayleigh a tirées de son étude théorique de la réflexion de la lumière sur de petites particules. La lumière réfléchie doit être *bleuâtre*, d'après cet auteur, quand les dimensions des particules sont moindres que celles des ondes lumineuses; mais il est à noter que nous ne possédons pas de renseignements sur les dimensions des particules en suspension dans l'eau et que, d'autre part, les calculs de lord Rayleigh supposent *une matière sans couleur propre*.

Un faisceau de lumière intense est, en somme, un instrument d'investigation qui peut être très utile dans certaines questions où les procédés ordinaires sont un défaut.

Parmi celles-ci se trouvent, en première ligne peut-être, les questions encore douteuses relatives à la coloration de certains verres. On sait, par exemple, que les phénomènes de coloration des verres ne peuvent pas toujours être ramenés à une simple dissolution d'une matière colorante. La couleur n'apparaît parfois, en effet, que dans des conditions déterminées de *recuit* des produits fabriqués.

Je me suis proposé de vérifier dans quelle mesure un faisceau de lumière peut faire entrevoir la solution du problème. L'objet de cette note n'est donc pas de traiter d'une manière générale la question, si compliquée, de la coloration des verres, mais de toucher seulement le cas spécial où la lumière peut servir de moyen d'investigation.

*
* *

Verre rubis.

Le *verre rubis*, ou *verre à l'or*, est préparé, comme on sait, en mêlant aux matières devant former le *verre*, ou mieux le *cristal*, quelques dix-millièmes, en poids, de chlorure d'or. La fusion, qui doit avoir lieu à haute température, donne d'abord une masse vitreuse incolore quand elle est refroidie. Ce n'est qu'à la suite d'un *recuit* à une température déterminée, que le verre se colore en rouge rubis. Il garde cette couleur si le recuit n'est pas prolongé, sinon il devient de plus en plus bleuâtre, puis brun, et se remplit, finalement, de points d'or métallique.

On comprend qu'il est très difficile, sinon impossible, de déterminer, par voie chimique, l'état dans lequel se trouve l'or dans le verre et de s'assurer si les changements de couleur correspondent à des états différents. On ne peut faire que des suppositions, savoir : le verre incolore renfermerait l'or à l'état de silicate (H. Rose, 1847), mais ce silicate se décomposerait, pendant le recuit, en oxyde aureux (Au_2O) qui causerait la coloration ; dans le cas d'un recuit trop prolongé, l'oxyde aureux se réduirait et alors apparaîtraient les tons bleus, puis bruns, et enfin l'opacité.

Toutefois, les sels d'or connus se décomposant tous à une température inférieure à la fusion du verre, ces suppositions manquent de base. On a préféré admettre que l'or se trouvait à l'*état élémentaire* dans le verre rouge, parce qu'on avait appris que l'or excessivement divisé,

tel qu'il apparaît dans la réduction lente du chlorure par le phosphore (Faraday, 1857; Müller, 1871; Ebell, 1874), ou par pulvérisation sous l'eau par l'arc électrique (Bredig), colorait l'eau en rouge violacé. On n'expliquait pas, cependant, pourquoi le verre était incolore à l'état fondu et ne se colorait que par le recuit.

Voyons, à présent, comment le verre à l'or laisse passer un faisceau lumineux produit par un arc électrique de 110 volts dans la lanterne de Duboscq.

Les essais ont été faits sur de petits cylindres de $0^m,10$ de long et $0^m,03$ de diamètre, que je dois à l'obligeance de M. le Dr A. Lecrenier, chef de fabrication à la Cristallerie du Val-Saint-Lambert. L'un d'eux n'était pas recuit, il était donc incolore; les autres, au nombre de quatre, reproduisaient les divers types de couleurs caractéristiques, depuis le *rose* jusqu'au *brun*, en passant par le *rubis* et le *bleu-pourpre*.

Le cylindre *incolore* laissait passer le faisceau lumineux sans produire d'autre illumination que celle des petites bulles d'air que le cristal renfermait encore. Le cylindre *rose* accusait, au contraire, une trace estompée; dans le cylindre *rubis*, celle-ci était à son complet développement et rappelait alors les traces que donnent, dans les mêmes conditions, les solutions de sels non optiquement vides, ou les solutions colloïdales. En plaçant le cylindre de façon que le faisceau lumineux fût tangent à la surface intérieure, c'est-à-dire de façon qu'il ne fût plus couvert de la matière rouge, on constatait aisément qu'il avait une couleur propre. Il n'était pas *rouge*, comme on aurait pu le penser, mais *jaune d'or*, et donnait à croire que la lumière se trouvait effectivement réfléchie par de petites

particules d'or. Ce phénomène était de plus en plus accusé dans les autres cylindres. Qu'il ne s'agissait pas ici d'un phénomène de fluorescence, c'est ce qu'il a été facile de constater en interposant, entre le cylindre de verre et la source lumineuse, des écrans colorés. L'intensité de la trace lumineuse, ainsi que sa couleur, se sont montrées absolument indépendantes de la longueur d'onde de la lumière incidente.

On le voit donc, le faisceau lumineux engendre dans le verre rubis une illumination dont la couleur est en rapport avec celle de l'or; il met, en somme, cet or en évidence, comme, dans une solution de chlorure de chrome basique, il dévoile l'hydrate de chrome, vert-gris, invisible dans d'autres circonstances.

Si l'on atténue la puissance lumineuse du faisceau en interposant des piles de lames de verre foncé, neutre, tel qu'on l'emploie pour la fabrication des *lunettes conserves*, on constate que l'extinction du faisceau lumineux dans le cristal à l'or n'a pas lieu, dans chaque cylindre coloré, pour le même degré d'atténuation de la lumière. Pour éteindre le faisceau dans le cylindre bleuâtre, il fallait onze à douze lames (une observation précise n'est pas possible), tandis que le cylindre rouge en exigeait huit à neuf et le cylindre rose seulement trois. Une détermination empirique, à l'aide du photomètre de Bunsen, du pouvoir absorbant de chacune de ces piles de lames, a donné les relations suivantes :

Si la lumière de la lanterne vaut.				100
La lumière ayant passé par	3	lames	sera .	45
— —	8 à 9	—	.	14 à 11
— —	11 à 12	—	.	8 à 7

On le voit donc, le trouble des cylindres de cristal demande un éclairage de plus en plus intense, pour devenir visible, à mesure que le *recuit* a moins duré. Ceci n'a rien que de très naturel; je n'aurais certes pas mentionné le fait s'il n'était de nature à suggérer l'idée d'une conséquence qui peut avoir une certaine portée.

Puisque, pour une intensité donnée d'éclairage, il y a un degré de coloration du cristal pour lequel la trace lumineuse ne se marque pas, on peut se demander si le cristal à l'or, incolore, non recuit, ne laisserait pas voir une trace lumineuse dans un rayon *extrêmement* intense? Plus généralement encore, on peut se demander si les milieux dits *optiquement vides*, qu'il s'agisse de corps solides, de liquides ou de gaz, ne sont pas *vides* seulement par suite d'une circonstance accidentelle et si, à la limite, la lumière ne se réfléchirait pas sur les molécules elles-mêmes, avec une facilité d'autant plus grande, bien entendu, que les molécules seraient plus grosses. Dans ces conditions, il ne serait plus possible de distinguer optiquement, c'est-à-dire par la réflexion de la lumière, un milieu contenant des *molécules* d'un autre contenant des *particules* : les dimensions des unes et des autres formant, selon toute apparence, une progression continue.

La portée de cette remarque atteint l'explication qu'on a donnée de l'*illumination du ciel*. Elle fait disparaître une des difficultés du problème.

L'illumination du ciel prouve, incontestablement, que notre atmosphère n'est pas optiquement vide; mais quelle est la nature de son *trouble?* Voilà la question embarras-

sante. Il n'est, en effet, pas admissible que des particules *solides* troublent l'air jusqu'aux plus hautes régions. La présence de l'eau dans l'air ne fournit pas non plus une réponse sans objection possible; car, de deux choses l'une : ou l'eau est *vaporisée* et alors elle doit être optiquement vide comme un gaz, ou elle est à l'état de brouillard et alors on ne comprend pas pourquoi le ciel est illuminé au-dessus des nuages. On a proposé, à la vérité, d'admettre un état intermédiaire, *celui de nuage naissant* (Tyndall), mais on ne s'explique pas comment il se fait que partout dans l'atmosphère, ce nuage naisse continuellement avec la même intensité, quels que soient les événements physiques et météorologiques qui se déroulent. Mais si vraiment l'intensité de la lumière supplée l'insuffisance des dimensions des particules dans la réalisation d'une réflexion latérale ou d'une illumination, il n'est pas impossible que la lumière du soleil, au degré d'intensité qu'elle doit avoir au moment où elle pénètre dans l'atmosphère, c'est-à-dire au moment où elle n'a encore subi aucune atténuation du chef des milieux absorbants, puisse être réfléchie par les molécules des gaz raréfiés des couches supérieures de l'atmosphère et causer ainsi l'illumination du jour.

Ce n'est, toutefois, pas le moment de traiter en détail cette question spéciale, d'autant qu'il est temps de revenir au sujet véritable de cette note (1).

Il paraît donc que la couleur rubis est effectivement

---

(1) Voir mes notes *Sur l'origine de la couleur bleue du ciel* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXXVI, pp. 504-518, 1898, et IBID., t. XXIX, p. 383, 1895).

donnée au cristal par de l'or libre, et que les tons plus bleus et finalement les tons bruns sont dus, de leur côté, à la présence de particules d'or de moins en moins fines.

En résumé, ces observations nous font regarder l'or comme véritablement dissous dans le cristal fondu. Si l'on fait attention que le verre ordinaire, à base de chaux, ne convient pas pour la fabrication du verre rubis, tandis que le cristal, à base de plomb, donne les meilleurs résultats, il ne sera pas inutile de rappeler la facilité avec laquelle l'or se dissout dans le plomb.

Dans le verre fondu, l'or se trouve à l'état de division extrême et sa solution est incolore, surtout quand le verre est rapidement solidifié. Le recuit, qui doit d'ailleurs être poussé jusqu'au ramollissement du verre pour être efficace, détermine le passage de la solution d'or dans laquelle les particules sont trop petites pour réfléchir la lumière, à la solution colloïdale, sans doute par suite d'une condensation des molécules du métal (1). Un phénomène semblable s'observe souvent pendant la chauffe de certaines pseudo-solutions, par exemple lors de la préparation des plaques sensibles au gélatino-bromure d'argent. Lorsque la formation du bromure d'argent a lieu au sein de la gélatine, on obtient d'abord une masse assez transparente, mais peu sensible à la lumière (2). En maintenant cette masse quelque temps

(1) Ceci était écrit lorsque a paru dans le RECUEIL DES TRAVAUX CHIMIQUES DES PAYS-BAS ET DE LA BELGIQUE un très intéressant article de LOBRY DE BRUYN, *Sur la grosseur des particules des solutions colloïdales*, t. XIX. p. 250, 1900.

(2) Voir l'article de M. LOBRY DE BRUYN, *Sur les solutions colloïdales* (RECUEIL DE CHIMIE, t. XIX, p. 236, 1900).

à une température convenable, on voit qu'elle devient plus opaque en même temps qu'elle gagne de la sensibilité. Cette opération est la *maturation (Reifen)* des plaques sensibles. On peut sans doute admettre aussi que l'or dissous dans le cristal à la faveur d'une température élevée, se condense, à la température du recuit, pour passer à l'état de solution de moins en moins parfaite et pour reprendre, à la longue, l'état métallique proprement dit.

2° *Verre rouge au cuivre et verre jaune à l'argent.*

La coloration du verre par le cuivre rappelle celle du verre rubis. Comme cette dernière, elle se développe par la chauffe. Elle a une intensité beaucoup plus forte. Les verres colorés dans la profondeur ne contiennent que peu de cuivre, les autres ne sont colorés que dans une couche superficielle d'environ $0^{mm},1$ seulement.

La coloration jaune à l'aide de l'argent ne peut guère non plus fournir des verres colorés dans la profondeur; on ne dispose que d'échantillons colorés à la surface.

Cette circonstance rend les observations à l'aide du faisceau lumineux très difficiles. Pour arriver à un résultat non douteux dans les cas de couches colorées superficiellement, il faut rendre d'abord le faisceau aussi fixe que possible, puis amener la lame de verre contre le faisceau de manière que la couche colorée lui soit tangente. Alors on constate que ni le rouge ni le jaune ne sont optiquement vides : le faisceau se marque, comme dans une solution colloïdale, en prenant une couleur propre. Dans le verre rouge coloré dans la profondeur, la trace lumi-

neuse paraît brun mat; elle rappelle la poudre de cuivre telle qu'on l'obtient par réduction de l'oxyde à l'aide de l'hydrogène. L'opacité relative de la couche rouge des verres colorés à la surface empêche de reconnaître, avec certitude, si cette couleur est celle du cuivre divisé; mais dans le cas du verre à l'argent, on voit la traînée lumineuse d'une couleur grise, c'est-à-dire se rapprochant de celle de l'argent divisé.

En somme, ces verres se comportent aussi comme des solutions colloïdales à des degrés de condensation plus ou moins prononcés. La grande opacité de ces verres, y compris le verre rubis, est d'ailleurs aussi en rapport avec les propriétés optiques des solutions colloïdales en général. On sait qu'il suffit souvent de très petites quantités de matières à l'état colloïdal pour enlever la transparence à un liquide.

3° *Autres verres, colorés ou incolores.*

J'ai examiné ensuite un certain nombre de verres incolores ou colorés, d'une composition aussi variée que possible. Grâce à l'obligeance de M. le Dr Lecrenier, je disposais, en tout, de quarante échantillons différents dont la composition chimique était connue. Il est superflu d'entrer dans le détail de cette composition, parce que le résultat des observations en est indépendant dans une large mesure, comme on va le voir. Je dirai seulement que les matières colorantes étaient des silicates de fer, de chrome, de manganèse, de cobalt, en proportions diverses, et que les verres incolores étaient ou bien incolores par suite de l'absence de silicates chromogènes, ou

bien décolorés par un composé de manganèse, selon l'usage courant.

Aucun des échantillons examinés ne s'est montré optiquement vide, mais la trace du faisceau lumineux n'avait pas l'aspect qu'il prend dans un milieu colloïde. La réflexion latérale de la lumière était incomparablement plus faible et causée, visiblement, par la présence de bulles de gaz plus ou moins microscopiques, ou de particules solides étrangères au verre. Si l'on fait abstraction de cette cause de réflexion qui est d'ailleurs tout accidentelle, on reconnaît que la dissolution des silicates colorés, dans le verre, est une dissolution véritable et non une solution colloïdale. La chose s'observe le mieux avec les verres colorés en *vert-bleu* à l'aide du silicate ferreux. L'un de ces échantillons donnait si peu de réflexion latérale qu'il paraissait optiquement vide.

Les verres incolores, d'autre part, ont permis de faire une observation particulière. Les verres incolores par eux-mêmes (le cristal, comme il a été dit) font voir une légère trace *bleuâtre* quand ils sont éclairés par la lumière électrique *blanche*. Cette trace bleuâtre change de couleur si l'on interpose des milieux colorés entre la source de lumière et le verre, de façon à demeurer isochromatique avec l'écran coloré. En outre, sa lumière est polarisée dans un plan passant par la source lumineuse. Le cristal incolore se comporte donc comme un milieu trouble d'une ténuité extrême. Celui-ci renvoie aussi, comme on sait, plus facilement les ondes plus réfrangibles et paraît *bleuâtre* par réflexion, tandis que par transparence il paraît jaune, orangé ou rouge, selon son épaisseur. Les cylindres de verre dont je disposais, longs de $0^m,60$, étaient jaunâtres par transparence.

Tout autre est le résultat que fournissent les verres décolorés à l'aide de composés du manganèse. Ils donnent tous lieu, dans la lumière électrique, à un phénomène de *fluorescence verte* d'une grande intensité. Qu'il s'agit ici d'une fluorescence véritable et non d'un phénomène de coloration de milieux troubles, c'est ce que démontre l'interposition d'écrans colorés. Les écrans violets (violet de méthyle) ou bleus (bleu de méthyle, ou verre au cobalt) sont sans influence sur la teinte verte de la traînée fluorescente, tandis que les écrans verts (sulfate de nickel), jaunes (acide picrique), rouges (ponceau de xylidine) suppriment immédiatement la trace lumineuse verte. Cette couleur verte provient donc bien d'une transformation des ondes lumineuses *courtes* de la lumière électrique (ondes du violet, etc.) en ondes du vert, plus longues : en somme, c'est la définition de la fluorescence. Il est à noter que les verres renfermant exclusivement des composés du manganèse, ou des composés du fer, ne donnent pas lieu à la fluorescence; celle-ci n'apparaît que quand il y a association des deux composés, surtout lorsque leurs proportions relatives sont telles que les teintes qui leur sont propres *se complètent* dans le cas d'un éclairage ordinaire.

Je me suis assuré que des solutions de sels ferreux et de sels manganeux, mêlées de façon à donner un liquide non coloré, ne présentent absolument pas de fluorescence. Il résulte de là que la cause de la couleur des verres teintés par des combinaisons ferreuses ou manganeuses doit être essentiellement différente, malgré la similitude des teintes, de la cause de la couleur des solutions aqueuses. On conçoit alors que le pouvoir colorant d'une même quantité de fer, ou de manganèse,

puisse être si différent selon qu'elle se trouve à l'état de sel quelconque dissous dans l'eau, ou à l'état de silicate dissous dans le verre. Si l'on prépare, par exemple, une solution de sulfate ferreux renfermant exactement autant de Fe, sous l'unité de volume, qu'un verre déterminé, on peut voir qu'une épaisseur de 27 millimètres de ce verre équivaut, sous le rapport de l'intensité de la couleur, à une épaisseur de $1^m,30$ de la solution.

L'illumination du verre à vitre a déjà été constatée par D. Brewster en 1848 (1); A. Lallemand (2) et Lommel (3) la signalent aussi, respectivement en 1869 et 1878. Toutefois, ces auteurs n'ont pas distingué les cas où il se produisait une illumination proprement dite, due à un trouble du verre, de celui où la fluorescence verte avait lieu. Les observations présentes prouvent que ce dernier phénomène est loin d'être général, et elles font voir, en outre, que celui-ci est en relation étroite avec la composition chimique du verre.

*
* *

En résumé, un faisceau de lumière intense peut servir de moyen d'investigation dans le cas des solutions solidifiées comme dans le cas des liquides. Il permet de reconnaître avec facilité que le verre, comme l'eau, admet deux sortes de solutions bien distinctes dans une lumière d'une intensité déterminée : les solutions colloï-

---

(1) *Pogg. Ann.*, t. LXXIII, p. 531.
(2) *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 1294.
(3) *Ann. phys.* (2), t. III, p. 113.

dales et les solutions non colloïdales. Les métaux, tels que l'or, l'argent, le cuivre, donnent des solutions colloïdales dans les verres qu'ils colorent. Les silicates chromogènes, au contraire, donnent des solutions proprement dites qui ne sont troublées qu'accidentellement.

Enfin, dans le cas de l'association des silicates ferreux et manganeux, le milieu manifeste une *fluorescence particulière*.

Il y aurait lieu de vérifier si l'association d'autres silicates conduit aussi à cette propriété optique.

Liége, Institut de chimie générale.

PRÉPARATIFS DE LA SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE.

Conformément à l'article 17 du règlement de la Classe, MM. Lagrange et De Heen donnent lecture de leurs communications pour cette séance.

—

La Classe se constitue en comité secret pour la discussion des titres des candidats présentés pour les élections aux places vacantes.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance publique du 18 décembre 1900.

M. Ch. Lagrange, directeur.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Prennent également place au bureau :

MM. Ch. Mesdach de ter Kiele, président de l'Académie, Alfr. Cluysenaar, directeur de la Classe des beaux-arts, et Jos. De Tilly, vice-directeur de la Classe des sciences.

Sont présents : MM. G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, C. Le Paige, F. Terby, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* Julien Fraipont, Ch.-J. de la Vallée Poussin, A. Gravis et Émile Laurent, *correspondants.*

Classe des lettres et des sciences morales et politiques. — MM. Paul Fredericq, *vice-directeur*, T.-J. Lamy, A. Giron, G. Monchamp, Ern. Discailles, *membres;* J.-C. Vollgraff, *associé;* Ern. Gossart, *correspondant.*

CLASSE DES BEAUX-ARTS. — MM. Éd. Fétis, *vice-directeur*, Godfr. Guffens, J. Demannez, G. De Groot, Gustave Biot, Henri Hymans, Jos. Stallaert, Alex. Markelbach, G. Huberti, Éd. Van Even, Ch. Tardieu, J. Winders et Ém. Janlet, *membres*.

La séance s'ouvre à 1 heure et demie par le discours de M. Ch. Lagrange :

SUR LE PROBLÈME ACTUEL DE LA PHYSIQUE DU GLOBE ET LES LOIS DE BRÜCK. *(Loi quadrangulaire du relief du globe; Loi de l'histoire.)*

Je me propose d'examiner quelle doit être, dans l'état actuel de la science, notre conception du globe en tant que système mathématique *organisé*. Le terme *organisation* a ici toute la généralité que comporte son objet; il désigne l'ensemble synthétique de tous les faits mathématiques qui concernent le globe.

Des branches entières de la science ne sont, dans ce point de vue, que des aspects différents d'un fait unique. Qu'avec l'astronomie on considère le globe dans l'influence que ses mouvements et ceux du ciel exercent sur sa forme et sa constitution; qu'avec la géologie on poursuive la formation de ses couches superficielles; étendant plus encore l'investigation, qu'on envisage le développement du monde organisé, pour aboutir, toujours sous la forme d'un phénomène externe, à la physique sociale et à l'histoire, en tout cela, sans s'écarter de sentiers déjà parcourus, on rencontre des résultats mathématiques. Ces résultats sont les témoins d'un plan d'ensemble, mathématique aussi, qui concerne le globe et l'homme pris dans leur unité.

Défini par ces caractères généraux, par eux digne d'attention, ce sujet offre un intérêt spécial pour l'histoire de la science dans notre pays. Un de ses principaux résultats sera, en effet, de mettre en évidence, comme criterium du véritable système du globe, *deux faits* scientifiques signalés il y a un demi-siècle par un savant belge : le major du génie Brück. Depuis bientôt trente ans, les idées de Brück et leurs conséquences n'ont cessé de faire l'objet de mes réflexions; l'énoncé des deux faits positifs dont il s'agit démontrera, je l'espère, l'intérêt vital que présenteraient pour la science l'examen et la critique d'un ordre entier de conceptions dont il a été l'initiateur.

I.

Un double progrès de l'esprit définit et résume toute la méthode scientifique.

Il lui faut, d'une part, accumuler les faits d'observation; d'une autre, explorer le monde des idées ou, comme on dit, le champ des hypothèses. Le but est atteint, la science constituée, quand, dans une identification, les deux lignes de recherche se rejoignent; c'est-à-dire, quand l'esprit a découvert dans la classification des pensées, une pensée dont le monde extérieur est la réalisation. Sans vouloir examiner ici en détail ce double progrès, et retracer une analyse que j'ai faite ailleurs (1), il me faut cependant lui emprunter un trait général qui, opposant le présent au passé, montre la science moderne caractérisée et en quelque sorte définie par la notion de mesure.

Sans doute, chez les anciens déjà, la science du globe avait participé de la mathématique du ciel. Les spéculations des chercheurs, quand il s'était agi de la Terre,

avaient porté sur l'élément géométrique des dimensions et de la forme.

Cependant, la notion d'aucun des agents physiques qui, pour nous, aujourd'hui en définissent l'organisme, et qui, d'ailleurs, sollicitaient déjà leur attention, n'avait pu se plier chez eux à la forme concrète d'une mesure numérique. C'est en dehors d'une telle préoccupation que des savants, des philosophes, des poètes, en un temps où la science empruntait à la poésie la puissance de l'expression et le sentiment de l'harmonie, avaient entrevu la coordination des grands faits de la constitution intérieure et de la formation des couches du globe, des mouvements de son atmosphère. Un Lucrèce (2) avait conçu la chaleur interne, mais non l'idée de mesurer le degré géothermique. Un Platon avait pu dire, par une prévision géniale, que « le feu lui-même obéit à la loi des nombres » (3); mais ne faut-il pas traverser le moyen âge, arriver au XVIIe siècle, pour voir apparaître, avec la recherche d'une loi, le premier thermomètre? Les anciens avaient remarqué les attractions électriques des corps frottés; mais un siècle écoulé seulement a vu Coulomb établir la loi de ce genre d'actions, Volta mesurer la différence de potentiel des corps en contact (4).

Ce progrès de la notion de mesure se manifesterait d'une manière encore plus caractéristique si, des données physiques propres à la Terre, nous nous élevions jusqu'aux phénomènes du monde organique et, dans leur terme le plus élevé, au fait du développement de l'humanité. Les anciens avaient fait des recensements; ils avaient conservé, par des chronologies partielles, la mesure des temps, l'ordre relatif des faits; ils n'ont jamais eu l'idée d'étudier, en les mesurant, — comme l'a fait de nos jours la physique sociale, — les phénomènes que

présente une population prise en elle-même, la durée et les phases de la vie d'un peuple; encore moins ont-ils songé à rattacher ces questions qui, actuellement, relèvent des postes les plus avancés de la connaissance, à une organisation mathématique du globe.

II.

Puisque l'histoire de la notion de mesure est celle même de la science, il faudrait la suivre dans l'étude successive de tous les agents qui constituent le globe en système dynamique et y définissent les lois d'un organisme.

L'analyse de ce problème — de Newton et Clairault à Ampère et Thomson — dépasse le cadre de ce discours; on peut néanmoins en définir assez simplement l'acquis et le résultat d'ensemble (5).

En dehors de l'attraction elle-même, facteur essentiel de l'état physique interne par les pressions dont elle est l'origine, les principaux agents de l'organisation du globe sont la chaleur et le magnétisme; celle-là, caractérisée par l'existence d'une source interne qui, évoquant l'hypothèse de la fusion totale, a paru confirmer l'ancienne idée du feu central; celui-ci, en outre de variations, rapides ou à longs retours, évidemment sous l'influence du soleil, présentant des périodes séculaires, témoins de causes lentement et incessamment agissantes. Or, découvrir le véritable mode d'existence de ces deux agents dans le globe revenait, à beaucoup d'égards, à se faire une idée de l'état intérieur de condensation de celui-ci, soit liquide, soit (cela a été aussi proposé) liquide tenant des gaz en dissolution, soit enfin solide. S'il faut décider,

nous dirons que cette dernière manière de voir, c'est-à-dire l'hypothèse de la solidité, est actuellement la plus vraisemblable. Deux conséquences mathématiques paraissent, en effet, suffisantes pour l'établir. L'une concerne le fait mécanique des marées dues à l'attraction des astres extérieurs et auxquelles devrait participer la croûte solidifiée superficielle si le globe, pris dans son ensemble, était une masse fluide, s'il possédait seulement une élasticité de l'ordre de corps rigides tels que l'acier ou le verre; l'autre dérive de l'existence même du magnétisme du globe; le calcul démontre que ce magnétisme émane de masses intérieures, ce qui élimine l'hypothèse d'une température extrêmement élevée, propre au globe entier. Ces deux conséquences réunies conduiraient donc à regarder la partie interne de la Terre, prise dans son ensemble comme solide, et dans la portion qui constitue proprement un aimant et qui ne saurait être purement superficielle, comme solide à une température inférieure à 700°.

On a cherché à écarter cette conséquence en substituant des courants aux masses magnétiques proprement dites; mais de semblables courants ne rendent aucun compte du caractère d'inertie du magnétisme permanent, incliné sur l'axe du globe, entraîné dans sa rotation; ils ne feraient entrevoir non plus aucune explication de la variation séculaire du magnétisme.

III.

En présence de l'indécision qui règne encore sur ces points fondamentaux, on serait obligé d'envisager l'état actuel de la science moins comme une solution que

comme un stage assez décourageant, si quelque trait nouveau ne se présentait, apportant un critérium, indiquant une autre voie. Ce trait existe-t-il ? Oui. Sous une certaine forme, il est aujourd'hui objet de discussion pour la science la plus autorisée.

Il constitue *le premier des deux faits* capitaux dus à Brück et que j'ai mission de signaler. Ce trait décisif qui introduit un élément *géométrique*, qui par sa clarté se désigne mieux que tout autre pour guide à la spéculation, c'est *la loi du relief* de la Terre. Si ce relief est une conséquence de l'organisation intérieure, il doit, témoin visible, en répercuter à la surface toute l'ordonnance.

L'idée d'une loi générale du relief implique celle d'une cause systématique propre au globe entier. Tout actuelle, elle fut néanmoins pressentie dès que les progrès de l'exploration géographique permirent de tracer une carte d'ensemble. Au XVIIIe siècle, les essais de systématisation se précisent. On reconnaît la prédominance des continents dans l'hémisphère nord, ce qui fait admettre l'existence d'un continent antarctique ; on constate entre les deux hémisphères ce caractère de dissymétrie que vient récemment d'affirmer si nettement la découverte de la dépression polaire arctique par Nansen. Dès lors aussi, on observe la forme effilée des continents vers le sud, comme en témoignent les remarques ingénieuses de Forster, le compagnon de Cook.

D'où provient l'espèce d'éclipse qui, dans l'ordre historique, écarte ensuite ces questions ? Il faut en chercher la raison dans l'influence d'une voie nouvelle créée par l'observation géologique, et qui portait à considérer l'époque actuelle comme simple chaînon dans une suite indéfinie d'époques sans caractères mathématiques bien

déterminés. Le retour à une loi géométrique signale le milieu du siècle qui finit. C'est d'abord la loi de Brück (1851), ensuite celle de Lowthian Green (1857) ou la distribution tétraédrique. La comparaison critique de ces deux lois a une portée capitale ; elles servent, en effet, de représentation à deux conceptions radicalement opposées et qui sont plus que jamais en présence, savoir : 1° celle de la fusion interne totale, base habituelle des spéculations de la géologie ; 2° celle du globe intérieur solide, possédant, d'accord avec les idées d'Ampère, une source de chaleur due à son état électro-magnétique. Celle des deux lois qui sera vraiment adéquate aux faits n'est donc destinée à rien moins qu'à servir de critérium, d'*experimentum crucis*, entre ces deux points de vue ; or ceux-ci décident des voies ultérieures de la science.

La conception de Green (6), conception qui, dans ces derniers temps, a particulièrement attiré l'attention, part essentiellement de l'idée que la Terre est formée d'une écorce servant d'enveloppe à un noyau fluide et résultant d'un refroidissement progressif. S'appuyant d'expériences faites sur des tubes contractés par pression externe et qui ont manifesté une tendance à la section droite triangulaire, Green, par une transition qu'on peut estimer brusque, propose de représenter analogiquement la Terre refroidie et contractée par un tétraèdre. Ce tétraèdre, ordonné par rapport à l'axe de rotation terrestre, a un sommet vers le pôle sud, où sa pointe représente le continent antarctique; une base dans un plan parallèle moyen de l'hémisphère nord où ses trois pointes déterminent à la fois la prédominance des masses continentales et leur distribution. La dépression arctique, opposée à la prééminence vers le pôle sud, est venue s'accorder

avec l'ordre général de cette analogie. C'est ce dernier trait qui a récemment rappelé l'attention sur l'idée systématique de Green et lui a valu d'être préconisée par des savants éminents. Mais il faut certainement attribuer aussi cet accueil à l'état particulier de la mécanique géologique, c'est-à-dire au fait que l'hypothèse de la fusion interne est aujourd'hui le facteur implicite de presque toutes les vues sur la constitution du globe. Si l'on écarte, en effet, cette prévention favorable, on voit se dresser des difficultés de fait qui ruinent le principe même de la théorie : les continents dans l'hémisphère nord devraient se trouver distribués suivant le système triangulaire ; tout au moins devraient-ils satisfaire approximativement à l'idée géométrique d'une telle distribution ; c'est donc ce que devrait enseigner d'emblée la carte triangulaire, dessinée par Green lui-même, et qui résume son livre. Or ce fait se vérifie si peu que l'auteur, dans une note qui *est* une véritable défaite, cherche à excuser la troisième pointe continentale de tomber en plein océan (7). Ainsi, tout incroyable que cela puisse paraître, la carte de Green est, en fait, la réfutation la plus simple et, on peut littéralement le dire, la plus *évidente* de sa théorie.

Cet argument immédiat rend inutile la mention de graves objections ultérieures (8), dont plusieurs ont été présentées par des voix autorisées. La loi de Green n'est que l'application d'une idée théorique préconçue qui se dément par l'inexactitude même de son adaptation. Cette loi ne saurait donc être admise. Elle n'est pas d'accord avec les faits.

La *loi quadrangulaire* de Brück (9), historiquement antérieure, tient compte, dans son interprétation, de l'ordre de grandeur très restreint du fait qui constitue le relief. Mais elle sera présentée ici comme fait d'observation

indépendant de toute hypothèse. D'après cette loi, *le relief du globe est construit suivant deux plans méridiens à angle droit.* Le fait caractéristique sur lequel ceci repose est tout d'abord la situation diamétralement opposée des deux S méridiens que dessinent les soulèvements asiatique-australien et américain; les centres de ces S, détroit de la Sonde et isthme de Panama, sont exactement à 180° l'un de l'autre (l'analyse de ces deux régions est remarquable par la similitude des contours qu'y forment, d'une part les îles de la Sonde et les Philippines, etc., de l'autre, l'Amérique centrale et les Antilles).

Le méridien de quadrature n'est pas moins remarquablement repéré :

Des deux continents, asiatique et américain, l'un s'étend vers le N.-E., l'autre vers le N.-O., où leur séparation est signalée par la solution de continuité du détroit de Behring; celui-ci est exactement à 90° du méridien central des deux S et dans l'axe du Pacifique; et il a pour opposé le soulèvement de l'Europe-Afrique.

De ce fait caractéristique, il résulte donc que tout l'ensemble du relief, construit sur deux méridiens en quadrature, forme un système opposé à l'étendue océanique du Pacifique, et dont l'axe de symétrie n'est autre que le méridien européen-africain. (Un témoin non équivoque de la réalité de cette distribution se trouverait dans le récent projet d'établissement d'un méridien initial du temps pour toute la Terre, passant par l'Europe centrale et ayant précisément pour repère le détroit de Behring.)

A 45° sur la croix de soulèvement formée par les deux méridiens fondamentaux, se trouvent des méridiens de dépression, formant séparation entre les soulèvements;

la situation de ces nouveaux méridiens est particulièrement confirmative de la distribution rectangulaire. Le méridien de séparation entre l'Europe et l'Asie est celui de la dépression caspienne, aligné par la chaîne de l'Oural.

Tout ceci concerne la distribution en longitude. En latitude, la loi du relief se définit par l'existence de crêtes de soulèvement suivant les parallèles moyens; elles sont dessinées, dans chaque hémisphère, par les versants de séparation des eaux.

Cet ensemble est dominé d'ailleurs par des caractères d'une allure encore plus générale. Ce sont la prédominance des continents dans l'hémisphère nord, leur forme effilée vers le sud et, accentuant la dissymétrie des hémisphères, l'opposition entre la dépression arctique et le soulèvement antarctique, c'est-à-dire entre les deux calottes que limitent les cercles polaires. Il se manifeste enfin une déformation, reconnue aussi par la théorie de Green, et que figure une rotation apparente de l'hémisphère sud relativement à l'hémisphère nord. Dessinée surtout par les S asiatique et américain, cette rotation se retrouve également dans la ligne centrale de l'océan Atlantique, dans les contours parallèles de l'Afrique et de l'Amérique méridionale; enfin, entre celle-ci et la Polynésie, dans la ligne de fond de l'océan Pacifique (10).

Il suffit d'un coup d'œil sur un globe terrestre pour vérifier l'exactitude de cette loi. Ma propre expérience m'a d'ailleurs permis d'apprécier à quel point elle convient à l'enseignement et se justifie par cette épreuve décisive.

L'évidence du schéma graphique de la loi de Brück frappe d'emblée les esprits, tout autant que le caractère illusoire de la loi de Green (11).

IV.

En tout état de cause, un fait subsiste sur lequel tout le monde doit être aujourd'hui d'accord : c'est que le relief est un système ordonné par rapport à des lignes géométriques fondamentales : axe de rotation, équateur, méridien; connexe du sens de la rotation; en relation avec la position de cercles astronomiques; et qu'il s'agit donc bien ici d'une réalité liée d'une manière mathématique définie aux conditions cinématiques d'existence de la Terre.

Eh bien, prenons ce grand fait pour notion directrice et, suivant l'ordre logique du sujet, jetons un coup d'œil sur les conceptions jusqu'ici acquises d'une organisation du globe. Dès l'origine de cette époque décisive et rapprochée qui a vu renaître les sciences, nous verrons apparaître la plupart des idées de principe de la science actuelle et, par un accord remarquable, la première en date concerne l'élément qui, aujourd'hui même, attire aussi le plus l'attention, cet élément qui, suivant le mot de Lamont, est une *condition du globe* pris dans son ensemble, à savoir : le *magnétisme terrestre*. Cette idée, c'est le trait de lumière par lequel Gilbert, passant de la considération de la pierre d'aimant à celle de la Terre elle-même, déclara que celle-ci *est un grand aimant* (12). C'était, en effet, lui attribuer une *force* inhérente, une *loi* d'action; cette force, sa loi, on pouvait les étudier par expérience; la mesure des effets en tous les points de la surface devait faire connaître dans le volume entier la distribution du magnétisme.

Pour arriver à une synthèse qui comprenne, avec cette

notion, une loi de formation, il faut attendre Descartes, c'est-à-dire le vaste système de déductions par lequel, embrassant pour la première fois l'univers dans une pensée génératrice, il mérita le cri d'étonnement et d'admiration dont l'Europe salua son génie.

Pendant que Newton, admettant telle quelle l'existence de la force, soumettait les globes aux lois des forces centrales établies par Huyghens, Descartes instituait la plupart des grandes idées de principe qui constituent aujourd'hui notre conception physique du monde. Il proclamait l'unité de la matière, l'identité dans tout l'espace de la formation des soleils et de leurs satellites; il introduisait, sous la forme de la conservation du mouvement, la notion moderne de la conservation de l'énergie; enfin, par l'éther, l'existence de ce milieu transmetteur des ondulations de la chaleur, de l'électricité, de la lumière, dont les découvertes de notre siècle, et parmi elles les plus récentes, établissent avec une évidence toujours croissante la réalité. Or, cet éther de Descartes nous ramène de lui-même à notre objet; à son existence se rattache, en effet, dans sa pensée, l'organisation du globe et, tout particulièrement, son système magnétique (13).

Il adopte d'ailleurs, dans ces spéculations, l'idée fondamentale de Gilbert; mais ce qui est nouveau et qu'il faut relever, tout cela dérive directement chez lui du principe des mouvements astronomiques. De ces mouvements naissent des courants d'éther, entrant par chaque pôle terrestre, sortant par l'autre, revenant par la surface. L'aimant est un tourbillon élémentaire; plongé dans celui du globe, il est orienté par lui.

D'ailleurs, et pour montrer combien est intime chez Descartes la notion d'un lien entre l'astronomie et les

autres sciences qui concernent la Terre, il va jusqu'à établir une connexion entre la circulation interne qu'il vient de définir et les modifications de l'enveloppe superficielle, c'est-à-dire entre cette circulation interne et la géologie : la formation du relief.

Ces premières lueurs devaient cependant rester en germe pour deux raisons : 1° l'ignorance où l'on était encore à cette époque de la véritable loi de l'action magnétique; 2° le manque de données précises sur le magnétisme du globe lui-même, avec ses périodes et ses mouvements, et aussi sur l'existence des périodes astronomiques propres à s'y répercuter. Il fallait, pour des essais plus viables, que deux siècles de travaux eussent réalisé, avec l'établissement de l'astronomie théorique, cette investigation magnétique de la Terre que jalonnent, du XVIIe au XIXe siècle, les noms de Halley, de Sabine et de Humboldt; il fallait que la découverte des lois de l'électricité et du magnétisme par Coulomb, Volta, Oersted et Ampère eût déblayé le terrain et apporté, dans des expériences positives, un moyen de sélection.

Mais le résultat a-t-il, jusqu'ici, répondu à l'attente? Le progrès, dans la discussion des hypothèses, a-t-il été adéquat à la riche moisson des faits? Il faut bien le dire, il est impossible de ne pas constater, à cet égard, une étrange disproportion. Si l'on excepte quelques inductions précieuses d'Ampère sur l'électro-magnétisme comme facteur fondamental du système thermique et de la vulcanicité (14), on est contraint de reconnaître que depuis les idées de Descartes, et antérieurement aux vues générales de Green et de Brück dont nous avons parlé, aucune théorie propre de l'organisation du globe n'est encore sortie de ce vaste ensemble. Sans doute, on a vu des

applications partielles, des essais sur tel aspect du problème (15); mais, à considérer celui-ci dans son unité, et sans qu'on puisse éviter l'impression d'un hiatus dans le progrès normal de la science, on est forcément ramené aux seules conceptions de ces deux physiciens, relativement assez peu connus. Si l'un d'eux, Green, a eu la fortune de voir ses idées discutées par des voix autorisées, le nom de son compétiteur théorique obtient fort rarement l'honneur d'une mention. Il convient donc de souligner en quelques mots, qui en définiront la tendance tout en la rattachant à la genèse historique des idées, la conception de Brück.

Cette conception, qui possède une valeur originale, est, sous une forme tout autrement étendue et précise, la rénovation des vues premières de Descartes sur la dépendance mathématique entre l'organisation propre de la Terre et les mouvements célestes. Pour l'apprécier avec impartialité, pour mieux mettre en valeur les faits positifs qu'elle signale, il faut d'ailleurs la dégager d'une forme étroite, concrète et souvent contestable dont son auteur l'a revêtue. Mais ce qu'alors on voit subsister, c'est un ensemble de conditions reposant sur l'observation directe, et que son caractère géométrique impose désormais à toute théorie, quelle qu'elle soit.

Ce que l'on doit à Brück, et ce qui restera, c'est d'avoir signalé l'existence d'une loi de correspondance intime entre le système physique du globe, magnétisme et relief, et un système de données géométriques et cinématiques définies par les mouvements de la planète. Ce dernier système s'y trouve répercuté et dessiné par les éléments, non plus seulement géométriques, mais physiques de son organisation.

Il suffit, pour mettre en évidence cette corrélation, de suivre comparativement le système astronomique et le système physique (16). Mais je n'abuserai pas de vos moments pour développer cette comparaison dans ses détails, ni pour discuter si, ce fait capital de la corrélation étant établi, il est possible d'en édifier aujourd'hui l'explication.

Sans doute ce serait ici le lieu de mentionner, comme témoins de la vitalité du problème, les vues théoriques de M. Wilde, si confirmatives du lien maintenant reconnu entre le système magnétique et l'obliquité de l'écliptique. Peut-être aussi me sera-t-il permis de rappeler un travail du même ordre présenté dans mon *Étude sur le système des forces physiques;* d'y signaler tout particulièrement, pour rendre compte de l'élément d'*inertie* que supposent, en tout état de cause, les faits, la notion mécanique de la circulation d'un éther matériel sous l'action du champ électro-magnétique (17); de rappeler enfin les expériences que j'avais entreprises à l'Observatoire d'Uccle et qui constituent, en dehors de toute préoccupation théorique, un ordre nouveau d'observations relatives à la physique du globe (18). En fait, elles ont mis en évidence des ondulations systématiques en rapport avec le magnétisme, notamment avec sa marche séculaire, jusqu'ici inexplicables par de simples influences locales. Mais une semblable digression affaiblirait, en la dispersant, la force réelle de mon argument. Celle-ci consiste non à défendre des théories, mais à signaler dans la loi du relief un fait externe positif qui, par sa puissance propre, sera de nature à opérer la sélection des idées, et il ne me reste donc, à cet égard, qu'à récapituler le débat et à définir la situation.

V.

Elle se résume dans l'existence des deux tendances que, dès l'abord, j'avais signalées : d'une part, ce qu'on peut génériquement appeler le point de vue de la fusion totale; la théorie se réduit à ce que, par l'effet d'un refroidissement progressif et sans relation avec les périodes célestes, la croûte solidifiée donne lieu, en se contractant, aux soulèvements ou affaissements, c'est-à-dire au relief; c'est le point de vue généralement admis; d'autre part, l'idée que l'organisation de la Terre, prolongation et couronnement de l'ordre du ciel, que notamment l'établissement de son relief dépend, jusque dans ses détails, des mouvements astronomiques, et se trouve mathématiquement réglée sur eux. Dans la première manière de voir, le relief est un fait du même ordre de grandeur que la formation même du sphéroïde; il prend naissance avec elle, il en est partie concomitante et intégrante; dans la seconde, c'est un phénomène ultérieur d'un ordre beaucoup plus délicat, dû à l'action de forces de rayonnement, émanées de l'astre central. Ceci posé, il arrive, par une heureuse rencontre, que ces deux conceptions, entre lesquelles se décide l'avenir de la science, se trouvent aux prises sur un fait d'observation externe, celui du relief, aussi accessible par sa grandeur et sa simplicité que puissant en critique par la contrainte de ses éléments géométriques.

Il semble permis de préjuger l'issue du débat. Il est, en effet, fort difficile de ne pas convenir que dans le premier point de vue, celui de la chaleur interne ou du noyau en fusion considérés comme seule cause de la

formation, aucun élément mathématique, aucune donnée géométrique surtout, n'intervient qui fasse entrevoir seulement la raison d'être de cette construction quadrangulaire ordonnée suivant des méridiens, présentant une courbure en S avec dissymétrie sur les deux hémisphères; encore moins la corrélation intime qui existe entre les données de la géométrie céleste et l'ordonnance de ce système terrestre.

Il est donc permis aussi de conclure que dans l'état actuel, c'est-à-dire en présence du fait positif et capital de la loi quadrangulaire, la théorie classique de la chaleur centrale est moins forte que toute théorie d'une organisation dynamique, de l'ordre qui a été ensuite indiqué. Tout au moins devra-t-on reconnaître qu'il n'est plus loisible de faire un pas sans accorder à ce second point de vue droit de cité. Le résultat intéresse autant la géologie que l'astronomie physique et trouve sa portée capitale dans le lien défini qu'il établit, par un argument mathématique, entre ces deux sciences. Enfin, à l'égard du mouvement de la science dans notre pays, tout ceci présente légitimement le major Brück, nonseulement comme le créateur d'une forme explicite particulière de l'astro-physique terrestre, mais surtout, pour la science positive, comme ayant, au milieu du siècle qui finit, par l'énoncé de cette loi du relief, loi à laquelle son nom restera attaché, fourni le véritable critérium concret entre les deux ordres d'hypothèses.

VI.

Pour arriver au second fait que nous voulions signaler, fait qui concerne l'histoire de l'homme, il suffit de prolonger le sujet, c'est-à-dire d'embrasser dans toute

son étendue notre définition initiale d'une organisation mathématique du globe. Ce prolongement implique, en effet, l'examen du *monde organisé*, dans la mesure où les faits y présentent des éléments géométriques et cinématiques propres à l'établissement d'une loi, et, d'après cela, les seuls qu'il soit possible d'aborder concernant l'histoire de l'humanité : là seulement se rencontrent des éléments suffisants de nombre dans l'espace et dans le temps.

Ils sont fournis soit par l'analyse statistique des phénomènes sociaux, soit par la chronologie et la géographie historiques. Je dis que leur considération, d'accord avec une tendance qui aujourd'hui, dans tous les domaines, substitue à l'aléa des simples appréciations la mesure numérique, appartient à une science mathématique du globe ; il serait contraire à la vérité, et une classification artificielle pourrait seule assumer la prétention d'assigner une séparation irréductible entre la connaissance des agents physiques proprement dits et celle du monde organisé, de l'humanité, de l'homme, qui, plongés dans un milieu où tout est réglé par nombre, poids et mesure, en relation avec ce milieu par des organismes soumis à des lois déterminées de géométrie et de mécanique, doivent nécessairement offrir aussi à l'observation externe des caractères mathématiques. Que d'ailleurs le problème se soit effectivement proposé sous cette forme à la science positive, il est presque superflu d'en prendre à témoins, devant l'Académie, les travaux si connus de Quetelet. C'est en considérant les phénomènes sociaux comme appartenant au globe, qu'il en a systématisé les résultats et, sous le nom de *Physique sociale*, fondé une nouvelle science.

La classification des faits construit d'elle-même leur

synthèse. Ils comportent ou bien l'étude de l'état d'une société à une époque donnée, ou bien celle du développement de la société humaine, prise dans sa totalité, à travers les âges. De ces deux parties du problème, la première a surtout constitué l'œuvre de Quetelet; c'est la seconde, d'intérêt plus considérable encore, puisqu'il ne s'y agit de rien moins que de l'histoire entière considérée comme un phénomène de cinématique, qui rappellera le nom de Brück.

La *loi* du relief de la Terre l'a mis en évidence dans l'ordre des faits purement physiques; à un titre non moins élevé, il conviendra de le citer en tant que découvreur de la *loi de l'histoire*.

Analysons d'un peu plus près les deux faces du sujet que personnifient les noms de ces deux penseurs : Brück et Quetelet.

Le phénomène multiple et variable qui concerne l'état social, est dès son abord l'application par excellence de la statistique. La notion de probabilité permet l'élimination des données accidentelles et la mise en évidence des causes. Le principe de la moyenne, autrefois notion instinctive, aujourd'hui vérité démontrée (19), permet de représenter un ensemble d'individus par un terme unique qui, à lui seul, devient l'expression du tout. C'est par l'application de ce principe que Quetelet, dans son célèbre ouvrage, a cherché et découvert les lois d'action des éléments physiques qui définissent le milieu; que pénétrant par le nombre jusqu'au domaine des influences morales, il a pesé le tribut mathématique qu'un état social donné paie au bien et au mal. Quand la loi d'une influence est ainsi établie, les variations de ses paramètres dans le temps définissent et mesurent le progrès; ils

désignent au législateur la force correctrice et son point d'application.

Cette face du problème, c'est-à-dire l'examen statistique actuel et restreint, n'avait d'ailleurs pas seule sollicité l'attention de l'illustre fondateur de notre Observatoire; étendant l'ordre des périodes embrassées par son sujet, il avait compris, aussi bien que Brück, qu'à ce sujet appartient, englobant les vies partielles des sociétés, celle même de l'humanité qui en est l'intégrale, c'est-à-dire l'évolution des groupes de premier ordre, peuples ou nations, qui la composent et dont la vie constitue proprement l'histoire. Dans son esprit, tous ces faits faisaient partie intégrante d'un vaste ensemble où, comme facteurs, interviennent les lois physiques de l'organisme du globe. Seulement, dans cette extension, il n'a guère émis de vues concrètes; il s'est borné à une appréciation générale, sans nulle condition précise imposée à l'ordonnance et à la succession des faits historiques.

Arrivons à Brück. Si l'on voulait respecter entièrement la vérité dans la genèse des idées, maintenir dans leur intégrité les droits d'un génie synthétique qui a enserré dans une formule l'histoire de la Terre et celle de l'humanité, il conviendrait de rappeler avant tout que c'est par la théorie du magnétisme du globe qu'il a été conduit à la *loi de l'histoire*, prévue par lui dans son principe dès 1851. Mais cette réserve faite, il y a intérêt didactique évident à ne pas présenter ce lien comme nécessaire : l'examen sera d'autant plus indépendant, à cause de cela d'autant plus aisément accordé, qu'il s'appliquera à un simple fait d'observation externe, défini et isolé. C'est dans ce sens que j'ai déjà plusieurs fois exposé ailleurs la loi de Brück et que je la présenterai encore ici.

Elle se résume essentiellement :

1° Dans la remarque déjà ancienne que, depuis les temps historiques, *le foyer de la civilisation s'est déplacé de l'est vers l'ouest;*

2° Dans un fait numérique concernant la série des *peuples chefs*, ou les têtes successives du mouvement civilisateur; il consiste en ce que les *phases correspondantes* de la vie de ces peuples, c'est-à-dire leur naissance, leur apogée, leur décadence, *se suivent à des intervalles quinquaséculaires* (20).

VII.

Aussi bien que pour les travaux de Quetelet, il est impossible d'envisager ici sous toutes ses faces et dans toutes ses subdivisions le fait capital que définit la loi de l'histoire de Brück, car il ne s'agit pas d'une vue vague et générale, mais bien de nombres dont l'analyse se poursuit dans le détail, embrassant les faits dans un canevas à la fois géographique et chronologique, rendant la critique aisée par la hardiesse même de sa simplicité arithmétique; remarquable aussi en ce que, loin d'emprisonner l'histoire dans une contrainte artificielle, elle ne fait que donner leur mesure mathématique à des points de repère d'avance reconnus et désignés par les historiens (tels, pour ne citer qu'un exemple, les époques si connues des apogées et des décadences des peuples, et dont la Grèce et Rome, dans l'antiquité, fournissent des cas frappants, présents à la mémoire de tous). Mais mon objet, dans ce rapide aperçu, doit être moins d'analyser la loi dans son détail que d'en signifier l'importance par

le rang qu'elle occupe dans le progrès rationnel des idées, que l'on considère ce dernier dans son état présent, son passé ou son avenir.

Ce n'est pas un fait négligeable que cette apparition d'une mesure mathématique de l'histoire, alors que la science, par son progrès normal, arrive à en proposer sans équivoque aujourd'hui le problème. Ici même, l'année dernière, dans une intéressante dissertation, un de nos distingués confrères de la Classe des lettres ne formulait-il pas la question de savoir *si l'histoire est une science* (21)? Cette question, ramenée à ses termes essentiels, signifie qu'il faut déterminer s'il existe une loi définie des événements; ces événements sont, par leur nature, liés à l'espace et au temps; une telle loi, si elle existe, ne peut donc être qu'une loi mathématique. Or la loi de Brück répond affirmativement et par un fait à cette question capitale que se posait un des mandataires autorisés de l'Académie; elle reproduit le mouvement historique de la manière la plus nette, elle en éclaire d'un jour inattendu le plan et l'idée directrice.

On objectera peut-être cette forme nette du nombre qui, par la clarté, devient sans doute le critérium de la certitude, mais dont la précision semble emporter trop, toucher d'une manière apparemment trop brutale au libre arbitre, à la valeur morale de l'homme, aux agissements des nations. Devant cette prévention, oubliera-t-on que Quetelet, dont nul ne conteste la pondération, les tendances positives, n'a pas craint de présenter dans sa *Physique sociale*, trois ans après l'apparition du livre de Brück, des vues singulièrement confirmatives de celles de son émule moins connu? Il déclare la durée de la vie des peuples extrêmement remarquable, il dit qu'elle

tient à la classe des phénomènes périodiques, qu'elle présente des phases systématiques, qu'elle mérite, comme la vie de l'homme, toute l'attention du penseur. Il mesure même la limite de cette durée. Un millier d'années, dit Quetelet; mille trente-deux ans, avait dit nettement Brück (22).

Il eût donc certainement suffi que l'illustre auteur de la *Physique sociale* accentuât un peu plus sa pensée; que, par exemple, il énonçât clairement cette loi à la suite de ses remarquables études, pour que, depuis longtemps, elle eût été connue, et acceptée avec la même faveur que ces études elles-mêmes, et sans doute comme le point culminant de la physique sociale. Il n'a peut-être manqué que l'autorité d'un nom pour faire valoir l'autorité d'une idée. Mais, en tout état de cause, il nous appartient, à nous qui, placés plus loin, sommes en état de juger les choses en elles-mêmes, d'assigner à chacune le poids qui lui revient. A un point de vue didactique acceptable pour tous, j'abstrairai la *loi historique* de la voie spéciale qui en a déterminé la découverte; et ainsi placé sur le simple terrain de l'observation, je croirai ne rien exagérer en la regardant comme la découverte capitale de tout l'ordre des recherches dont j'ai résumé le tableau.

Abondant dans le sens concret, j'ajouterai qu'en dehors de sa portée purement scientifique, cette loi, présentée empiriquement et ne fût-ce que comme moyen mnémotechnique, offrirait un immense intérêt pratique pour l'enseignement.

Si bien appuyée, dans le présent, par le témoignage d'une autorité scientifique incontestée, l'apparition de la loi historique acquiert un poids nouveau si l'on jette un regard vers le passé. On constate alors, en effet, qu'elle

ne constitue nullement, dans le cours du temps, un fait isolé, sans attaches et sans précurseurs. L'idée d'embrasser la vie de l'humanité dans une formule scientifique, comme beaucoup d'autres qui, de nos jours seulement, ont reçu une solution positive, est concomitante des progrès de la science au cours des trois derniers siècles. Elle a eu sa période de pressentiment et d'essai. Il faut, en effet, considérer comme autant de tentatives pour réaliser une semblable généralisation, dès le XVIIe-XVIIIe siècle, les périodes de Vico; même, semble-t-il, les *Époques* de Bossuet qui, évidemment inspirées par le plan géométrique de la Bible, définissent en fait un ordre mathématique et tendent à l'énoncé d'une loi; au XVIIIe siècle, où commençait à se faire jour la supposition de relations définies entre le développement de l'humanité et les conditions physiques du milieu, les *Idées* célèbres de Herder sur les rapports entre la civilisation et les données géographiques et physiologiques; enfin, bien plus, et ce qui est moins connu, présentant déjà presque une forme chronologique, les vues d'un homme à jamais illustre dans les sciences : d'Alembert (23).

Cette tendance, si longtemps mûrie, explique à la fois la venue d'idées concrètes et précises en physique sociale et l'intérêt que ces idées éveillent naturellement aujourd'hui : elles sont dans l'ordre. Et si, après le passé de la science, il fallait enfin envisager son avenir, des indices significatifs le dessinent et le préparent qui deviennent autant de nouvelles confirmations.

L'idée d'une loi mathématique qui préside au développement de l'humanité à la surface du globe, implique nécessairement une notion d'ensemble plus générale, dont elle n'est que le terme culminant et caractéristique,

celle d'un lien défini réciproque entre le règne humain et l'organisme du globe, qu'il s'agisse de l'influence même de l'homme comme force modificatrice du milieu ou des conditions mathématiques que ce milieu impose à sa prise de possession du monde. Or, on peut aisément citer des travaux qui, sous ces divers aspects, précisent et délimitent déjà aujourd'hui cette notion d'ensemble.

Il y a deux ans, ici même, notre éminent géologue, M. Édouard Dupont, traçait un magistral exposé des conditions spécifiques de l'évolution (24), et présentait le règne humain, non seulement comme le terme suprême d'une série, mais comme un régulateur géologique de la surface du globe. Ici encore, abordant les questions connexes qui ont proprement constitué le point de vue de Quetelet et des économistes, notre illustre confrère, le général Brialmont, ne faisait-il pas du problème d'un état final vers lequel tend l'humanité, en vertu de la loi géométrique d'accroissement de la population et de la surface finie du globe, l'objet de son discours comme directeur de la Classe des sciences (25)? Dans ce travail, comme dans notre ordre d'idées, c'était la force du nombre et l'existence d'une loi qui formaient argument et rattachaient un grand fait sociologique à la science mathématique de la Terre.

Dans une autre direction et dans un champ d'exploration plus spécial, il n'est pas moins évident qu'une loi telle que la *loi chronologique de l'histoire* est de nature à servir de criterium à la valeur, à l'authenticité et à l'autorité de documents historiques, transmis par l'humanité concernant ses origines et sa destinée. Il me sera permis de mentionner, à cet égard, les résultats positifs établis

dans un récent travail (26), travail qui constitue le plus fort des arguments en faveur de l'exactitude de la chronologie littérale du texte hébreu de la Bible.

VIII.

A récapituler les faits déjà acquis, les vues des précurseurs, les tendances actuelles, il ne serait donc pas excessif de tirer de tout cela la conséquence suivante : *Au seuil du siècle qui va s'ouvrir, se dessinent tous les éléments constitutifs d'une science qui embrassera, dans une même synthèse, avec l'organisation du globe rattachée à ses mouvements astronomiques, les lois de la vie de l'humanité à sa surface.* Ce qui rend ces éléments viables, ce qui y commande l'attention, c'est leur caractère mathématique. Sans nul doute, cette science, quoique riche déjà du prestige de quelques noms illustres et reconnus, loin de se présenter avec l'orgueil légitime d'une perfection acquise, se trouve bien plutôt encore dans la nécessité de se créer à elle-même des ancêtres; mais tout au moins est-ce elle-même qui a l'honneur de signaler et de définir son état rudimentaire, et dès aujourd'hui elle le fait en précisant des faits positifs qui servent de criterium à ses prétentions, résument la situation et imposent le débat. Des deux lois que nous avons mises en évidence, l'une, la *loi quadrangulaire du relief*, fait marcher à la rencontre l'une de l'autre l'astronomie et la géologie, resserrant leur lien, définissant leur trait d'union par le fait mathématique le plus visible de la surface de la Terre; l'autre, la *loi chronologique de l'histoire*, fournit à la fois une norme à la science mathématique du règne humain et la prévi-

sion d'un lien qui rattachera cette science à la science physique du globe. C'est après avoir rappelé et pris en quelque sorte pour témoins les travaux célèbres de Quetelet, qu'à non moins juste titre certainement nous avons, par ces deux lois, mis en évidence le nom de Brück. Ce nom, dans l'ordre des phénomènes sociaux comme dans celui des faits physiques (27), restera attaché à la découverte des deux lois que nous venons de mettre en lumière — titres de gloire dès à présent nettement définis et suffisants —; et je ne veux pas en invoquer d'autres pour réclamer légitimement, après un demi-siècle, au nom de Brück lui-même, un examen et une discussion.

IX.

Il faut terminer en signalant un des aspects sous lesquels ce vaste objet, pris dans toute son ampleur, a le plus sollicité les hautes spéculations de Brück et de Quetelet, et qui s'impose en effet d'une manière inéluctable à une investigation positive. Il est évident que par le seul fait de lois mathématiques constatées, et imposées à la vie de l'humanité, une théorie mathématique de l'organisation du globe se trouve fatalement en connexion avec les questions troublantes du problème de la liberté, c'est-à-dire avec la détermination des conditions d'action des forces de volonté dans l'ensemble du monde physique; et met, par un argument mathématique, qu'on le veuille ou non, en présence des difficultés les plus redoutables de la responsabilité morale. Il est très bon d'observer d'ailleurs que cet ordre de préoccupations, qui

fait appel aux idées mathématiques abstraites, n'est pas si nouveau dans la science et a des antécédents. De Leibnitz à M. Boussinesq, en passant par Laplace, il serait aisé de citer des réflexions qui touchent à ce sujet; bien plus, des travaux spéciaux de mécanique rationnelle, où des géomètres ont tenté de concilier les conditions en apparence inconciliables des forces mathématiques et du libre arbitre. Je pense que la solution raisonnable consisterait, tout d'abord, à faire remarquer la démarcation essentielle qui existe entre le *déterminisme* et le *mécanisme*, qu'on est trop porté à confondre; ensuite à montrer, comme question de fait, que l'univers n'est pas pour nous, dans ce dernier sens, un système calculable, qu'il présente quand on y regarde de près une étrange discontinuité, et que, dans un sens scientifique que l'on comprendra, bien loin de réduire sa conception à celle d'une horloge, on y découvre en réalité miracle toujours et partout (28). Mais, quoi qu'il en soit, ce qu'il est déjà suffisamment intéressant de constater, c'est le fait même que, transportant son champ d'investigation légitime au delà de ses limites déjà si étendues, la science propose aujourd'hui d'elle-même, d'une manière positive, et sous une forme mathématique qui en rend l'abord possible, le problème de la situation morale de l'homme dans le monde mystérieux où il se trouve jeté. Or, tout porte à penser que cette tendance mathématique ira en s'accentuant, que les préoccupations philosophiques des penseurs d'autrefois trouveront, avec une sûreté croissante, un guide et une solution dans les faits d'expression numérique concrète, et s'approfondiront par cette étroitesse même. Ce que nous savons dès à présent autorise à formuler, à cet égard, plus qu'une simple prévision.

Nous en conviendrons donc, les faits tendent à l'affirmation d'un effrayant déterminisme; mais cela même est peut-être la leçon la plus grave que la science soit destinée à proposer à l'homme, par la démonstration d'une antinomie irréductible entre sa tendance vers l'infini et sa condition étroitement limitée. Les clartés qu'il saisit et prend pour guide sont quelques anneaux d'une chaîne dont les extrémités se perdent dans des espaces sans bornes; mais cet asservissement même à d'étroites conditions lui fait mieux sonder, avec l'immensité de l'univers et le sentiment de sa misère, celui de sa propre grandeur. Les effets sensibles du temps et de l'espace lui apparaissent forcément comme la manifestation d'un monde supérieur et caché; et il lui devient impossible, en présence du mystère qui pénètre toutes choses, du vide désespérant, tragique qui l'entoure, de ne pas constater qu'au fond son véritable objet est beaucoup moins la possession du monde pris en lui-même que la révélation d'une pensée dont ce monde est la réalisation, c'est-à-dire, car il faut dire clairement ces choses-là, que le véritable objet et, au fond, le seul objet utile de la science, est de nous élever jusqu'à Dieu.

Cette certitude s'accroît chez le savant, chez l'homme, par le sentiment de la misère morale de l'humanité qui, enserrée dans cet univers mathématique et aveugle, est sollicitée cependant, par les aspirations les plus profondes de l'âme, vers le bien dans la liberté.

Telles étaient, dans la contemplation du monde, les vues du chercheur de génie dont nous avons tenté de rappeler, pour notre patrie et pour la science, l'œuvre aujourd'hui trop peu connue; telles étaient, il y a près de trois siècles, celles de l'un des plus grands esprits qui

aient étudié à la fois la nature et l'homme, exprimées dans une pensée où la poésie est portée sur les ailes de la vérité. « L'homme », a dit Pascal, « l'homme » n'est qu'un roseau, le plus faible de la nature, mais » c'est un roseau pensant. Il ne faut pas que l'univers » entier s'arme pour l'écraser; une vapeur, une goutte » d'eau suffit pour le tuer. Mais quand l'univers l'écra- » serait, l'homme serait encore plus noble que ce qui le » tue — car il sait qu'il meurt; et l'avantage que l'uni- » vers a sur lui, l'univers n'en sait rien. »

NOTES.

(1) *Étude sur le système des forces physiques*, ch. III (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XLVIII, 1892).

(2) LUCRÈCE, *De Rer. Nat.*, liv. VI (trad. de La Grange, Paris, An II, t. II, pp. 361 et suiv.).

(3) C'est l'ingénieuse épigraphe de la *Théorie de la chaleur* de FOURIER. « Et ignem regunt numeri. »

(4) Il est remarquable d'ailleurs et bien dans l'ordre des idées fondamentales d'espace, de temps, de force, que partout la préoccupation de l'élément géométrique précède celle des éléments cinématiques et mécaniques. Un exemple pourrait suffire, bien en rapport avec notre sujet : Autrefois, dans les plaines de l'Asie, les Chinois se servaient de la boussole [1]; en Europe même, son usage remonte au XIIIe siècle [2]; dès le XVIe siècle, Norman apprécie la dépression de l'aimant sous l'horizon; mais c'est de nos jours seulement qu'on est arrivé à mesurer l'élément mécanique de l'*intensité*

[1] *Histoire de la boussole* (CIEL ET TERRE, 1881-1882, p. 201).

[2] PARK BENJAMIN, *The intellectual rise in electricity*, London, 1895, p. 110.

de la force qui sollicite l'axe magnétique et lui assigne son *orientation,* depuis si longtemps remarquée.

(5) *a*) Le terme en quelque sorte constant de cet ensemble est l'existence du globe matériel pris en lui-même. La force qui agit ici pour assurer l'unité du globe, sa forme et la distribution des densités dans toute l'étendue de son volume, résulte de l'action mutuelle qu'exercent les unes sur les autres toutes ses parties. Il ne suffisait plus de cette notion générale de la pesanteur qui, suivant l'expression du Dante, révèle *un point central vers lequel tend de toutes parts tout ce qui pèse,* mais de l'action intime par laquelle chaque particule de matière tend vers toute autre. de cette attraction dont la découverte, ou plutôt la démonstration est due au génie de Newton, dont l'étude eût été impossible si, avant Newton lui-même, Galilée et Huyghens n'avaient découvert les lois du mouvement, si Pascal, précurseur de Bernoulli et Clairault, n'avait établi la loi de la pression dans les fluides.

Ainsi la première condition nécessaire pour la simple compréhension de l'existence de la Terre comme corps matériel n'a été rien moins que la connaissance mathématique des lois abstraites qui lient à l'espace la cause du déplacement des points substantiels, c'est-à-dire la *force.* C'est lorsque l'application du calcul aux mouvements des centres de gravité des astres eut bien démontré la réalité de cette force et que la théorie de leur rotation eut mis en évidence les effets délicats de la précession et de la nutation, que l'on put seulement songer avec sécurité à pénétrer par la pensée, au moyen de la même notion, dans les profondeurs sans doute à jamais impénétrables du globe de la Terre, en considérant comme réellement vrai que chaque point matériel attire tout autre point en raison du produit des masses et en raison inverse du carré de la distance.

D'ailleurs le problème offrait encore une autre difficulté sur laquelle il importe d'insister, parce qu'elle montre à quel point, dans le progrès de la science du monde extérieur, tout a dépendu des notions les plus abstraites, c'est-à-dire de l'exploration indépendante du champ métaphysique.

Le calcul des trajectoires célestes, où les globes sont réduits à des points, n'introduisait que la considération d'un nombre limité de points matériels. Dans les questions relatives aux globes pris en eux-mêmes, il s'agissait de calculer les effets de l'attraction sur des

systèmes matériels continus où, jusque dans les moindres parties d'un volume donné, interviennent entre les points des forces antagonistes, des *pressions* qui font équilibre aux forces extérieures. S'il faut ici s'adresser au physicien, pour connaître, au moins dans le cas simple d'une matière continue homogène, telle qu'un fluide, la loi de ces réactions, c'est aux métaphysiciens-géomètres qu'il appartient d'établir mathématiquement la loi que suit d'élément à élément la distribution de ces réactions ou *pressions* dans une masse soumise à des forces extérieures. La solution du problème s'est trouvée d'abord dans la découverte du principe de la transmission des pressions dans les fluides, due à Pascal, ensuite dans l'application du calcul différentiel à l'établissement des équations de l'hydrodynamique par Bernoulli et Clairault [1].

C'est muni de ces éléments et en se plaçant dans la supposition d'une masse liquide et homogène, supposition admissible, tout au moins en vue de l'appréciation provisoire de l'ordre de grandeur des effets, qu'on a pu se poser le problème des pressions intérieures du globe, pressions dont l'évaluation conduit à apprécier l'état de la matière dans toute son étendue et la raison d'être de sa forme extérieure. En admettant le cas général d'une hétérogénéité interne, la même analyse permet de délimiter la loi que doit suivre la densité des couches concentriques pour rendre compte de la grandeur observée de l'aplatissement du globe; si, en outre, on possède par une expérience directe la densité moyenne de la Terre (soit par la célèbre expérience de Cavendish, soit par la mesure des intensités de l'attraction à différentes profondeurs dans une couche dont on connaît la composition, soit par l'ingénieuse détermination de l'attraction d'une nappe d'eau dont on fait varier le niveau, soit enfin par la mesure directe de la variation d'un poids soumis à l'attraction d'une masse de plomb), cela conduit à connaître la densité absolue dans les couches concentriques successives du volume terrestre; enfin, en explorant dans le champ terrestre l'intensité de l'attraction au moyen du pendule, on arrive à se rendre compte de la constitution interne des détails du relief ou des régions intérieures voisines de

[1] CLAIRAULT, *Théorie de la figure de la Terre*, 1743; LAPLACE, *Mécanique céleste*, liv. XI, ch. I.

certains points où cette attraction présente une distribution anormale. Par toutes ces déductions, et sans faire appel qu'à la notion mécanique de la force attractive et de la force centrifuge, se constitue, sous le nom de géodésie mécanique, une branche entière de la science.

b) Quels sont les résultats acquis par cette analyse à la connaissance de l'état interne du globe? La pression dans un sphéroïde homogène incompressible de masse égale à celle de la Terre et soumis à l'attraction mutuelle de ses parties et, quant à l'ordre de grandeur, celle même que l'on obtient dans l'hypothèse de l'hétérogénéité, est au centre d'environ trois millions d'atmosphères.

Il est difficile d'apprécier l'état des corps soumis à de pareilles pressions. Cependant les données fournies par l'expérience directe pour des pressions très considérables quoique moindres, notamment les expériences de Tresca sur les métaux, et celles de M. Spring [1], prouvent que dans ces conditions la dureté ou la résistance au mouvement relatif étant vaincue, les corps solides se déforment à la manière des corps plastiques ou même des liquides. Il ne serait donc peut-être pas impossible que, même pour une température moyenne de même ordre que celle de la surface, la masse du globe, considérée comme solide, doive être regardée comme réglée par les conditions d'un état d'équilibre hydrostatique des couches [2], la pression elle-même tendant d'ailleurs, par la compression de la matière, à l'augmentation de la densité vers le centre.

La considération de la grandeur de l'aplatissement du globe, soumise au calcul, établit, conformément aux déductions précédentes, que les densités croissent effectivement vers le centre; mais, d'ailleurs, le fait de l'aplatissement, pris en lui-même, ne prouve nullement, comme l'a remarqué Lyell, que la masse entière du globe soit liquide; la forme de la surface de niveau d'un fluide est indépendante de la masse totale, et il est suffisant de considérer pour la calculer une mince couche superficielle, ou même, sans avoir

(1) TRESCA, *Comptes rendus*, 1865, vol. LX, p. 1228; SPRING, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (*Sciences*), 1899, n° 12, p. 790.

(2) FISHER, *Physics of the Earth's crust*, 2d Edit., p. 172, London, 1887; H.-A. ROWLAND, *The highest aim of the Physicist*, SCIENCE, Dec. 8, 1899, p. 831.

recours à un liquide proprement dit, de concevoir la partie superficielle dans un état convenable de plasticité.

c) Ainsi, en résumé, la considération des forces mécaniques, attraction mutuelle des parties et force centrifuge due à la rotation, fait conclure à l'existence de pressions internes énormes et à l'accroissement de la densité vers le centre; d'ailleurs, en tenant compte du fait expérimental que sous de fortes pressions les corps solides se comportent à la manière de liquides, il en résulterait aussi que ces fortes pressions ont pour effet, même dans un globe hétérogène, de disposer la matière par couches de niveau concentriques d'égale densité. La notion de l'accroissement de la densité avec la profondeur, nécessitée par l'application du calcul au fait de l'aplatissement observé du globe, la distribution par couches concentriques d'égale densité, peuvent donc s'accorder aussi bien avec l'hypothèse d'un état solide que d'un état liquide intérieur. Quant au fait même de l'aplatissement, il ne rend pas non plus nécessaire l'hypothèse d'une fluidité initiale totale; à la surface même, la matière a tendu, par la seule pesanteur, à prendre la forme de la surface de niveau, toutes les causes accidentelles de déformation tendant à ne laisser subsister comme résultat final que l'effet de cette force systématique.

On n'arrive donc, par la seule considération des forces mécaniques dont il s'agit, c'est-à-dire dépendantes seulement du globe, à aucune solution définitive quant à la nature de sa partie interne.

d) Examinons maintenant ce que peut apprendre à cet égard l'action des forces mécaniques externes, c'est-à-dire l'attraction des globes extérieurs. Ici se présentent deux ordres de questions, savoir : d'une part les faits (précession et nutation) qui concernent les variations d'orientation de l'axe de rotation sous l'influence de ces attractions extérieures; d'une autre, les déformations mêmes de la surface du globe, déformations qui, s'il s'agit de la partie superficielle aqueuse, constituent le phénomène des marées. Le premier point a été abordé tout d'abord par Hopkins; il cherche à établir que le minimum d'épaisseur de la croûte solide du globe, considéré comme formé d'une telle croûte recouvrant un noyau liquide, ne pourrait être moindre que un quart ou un cinquième du rayon de la Terre [1].

[1] Hopkins, *Researchs on physical Geology* (Phil. Trans., 1839, part II, p. 334; 1840, part I; 1842, part I. Rep. of the Brit. Assoc., 1847, p. 33).

Plus récemment, M. Folie [1] a émis l'idée que si le globe se compose d'un noyau fluide et d'une écorce solide, celle-ci pourrait participer au mouvement total de la précession et de la nutation propre au globe entier, au cours de ces longues périodes, et présenter une indépendance relative dans les périodes très courtes, telles que celle d'une nutation semi-diurne Une objection de principe grave vient cependant heurter l'idée précédente : c'est que dans le cas, qu'il semble naturel de supposer, où la croûte terrestre serait comprise entre deux surfaces elliptiques de niveau, toutes les périodes seraient indépendantes de l'épaisseur de cette écorce, d'où il suit que le résultat de l'observation doit alors être le même, que le globe soit tout entier solide ou que l'écorce et le noyau supposés existent réellement. Cette remarque avait d'ailleurs été déjà faite par Hopkins.

e) Le second ordre de problèmes, celui qui est relatif aux déformations, offre des résultats plus démonstratifs. D'après les calculs de Thomson, confirmés par Darwin [2], si le globe se composait d'un noyau liquide recouvert d'une mince enveloppe solide, celle-ci devrait participer aux marées intérieures que ne peut manquer de provoquer dans le liquide intérieur l'attraction des astres extérieurs à la Terre; et il se trouve notamment qu'une marée semi-mensuelle devrait s'observer d'une manière sensible, ce qui n'est pas. Thomson conclut à l'existence d'une rigidité de la Terre, prise dans toute sa masse, égale à celle de l'acier ou du verre [3]. Cet argument est le plus net que l'on ait présenté pour prouver la nécessité d'admettre un état solide interne. A la vérité, il repose sur la notion d'un fluide intérieur liquide proprement dit, et l'on pourrait, comme dernier retranchement, avancer ici l'hypothèse d'un état interne gazeux ou d'un gaz dissous dans un liquide [4].

[1] FOLIE, *Théorie des mouvements diurne, annuel et séculaire de l'axe du monde* (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XLV et XLVIII).

[2] THOMSON, *Phil. Trans.*, 1862; *Natural Philosophy*, 2d Edit., 1883, art. 847. DARWIN, *On a numerical estimate of the rigidity of the Earth*, NATURE, Nov. 2, 1882.

[3] Voir aussi PRATT, *A treatise on attractions, Laplace's functions and the figure of the Earth*, 3d Edit., Cambridge and London, 1865.

[4] FISHER, *Physics of the Earth's crust*, 2d Edit., London, 1889.

Alors, soutiendrait-on, le fluide étant compressible, les déplacements linéaires de la marée liquide pourraient être considérés comme remplacés par des condensations et variations de pression sans changement du volume total, analogues à celles que présenterait un fluide élastique enfermé dans un récipient invariable. Il suffirait donc d'admettre que la croûte terrestre est assez rigide pour équilibrer ces pressions par sa résistance à la déformation; d'ailleurs il faut considérer que l'attraction de la masse intérieure sur elle-même a pour effet de réduire la pression à la surface interne de l'écorce. Il faut cependant bien faire attention que le degré de condensation de ce fluide gazeux hypothétique est imposé et supposé énorme, car il correspond à une densité égale à celle même de la Terre; et dans ces conditions, il est difficile de concevoir qu'il n'y ait plus lieu à des déplacements linéaires et à des variations de forme de la surface. Car à un grand degré de compression, on se retrouve en réalité dans le même cas que dans celui d'un fluide extrêmement peu compressible, et alors les difficultés qui résultent des actions de marée se présentent de nouveau.

De l'ensemble des considérations, d'ordre purement mécanique, qui précèdent et auxquelles il faudrait joindre les données récentes de la sismologie, qui concluent aussi à l'état de solidité [1], il résulte non seulement que rien ne contraint à la supposition d'un état liquide intérieur de la Terre, mais que même, dans cette dernière hypothèse, les faits jusqu'ici envisagés ne trouvent aucune explication satisfaisante.

Pour obliger à admettre un état liquide ou gazeux intérieur, il faudrait donc introduire un fait décisif d'ordre nouveau.

On se croit souvent autorisé à le chercher dans l'existence d'une température très élevée de l'intérieur du globe, température en vertu de laquelle il aurait initialement, et pris dans son ensemble, constitué une masse en fusion, et serait encore aujourd'hui, en dépit des pressions énormes dont nous avons parlé, un véritable liquide. C'est une

[1] J. MURRAY, *Address of the President before the Section of Geography of the British Assoc. Evolution of the continental and oceanic areas*, SCIENCE, Dec. 1, 1899, p. 796.

induction fondée sur l'existence de l'accroissement de la température avec la profondeur.

f) L'étude mathématique de la chaleur a constitué entre les mains de Fourier [1] le premier mémoire de physique mathématique.

Deux idées de principe commandent cette théorie : celle de l'*intensité* de la chaleur, ou *température*, et celle de la *quantité de chaleur*. Pour une substance donnée, de densité donnée, et dans un élément de volume donné, la quantité de chaleur est proportionnelle à la température par un coefficient donné.

Les causes qui font varier la température et, par suite, la quantité de chaleur, en un point donné, sont :

1° L'échange de chaleur de point à point par conductibilité;

2° L'échange de chaleur par le rayonnement;

3° Le transport de chaleur par le mouvement de la matière qui passe en ce point (convection);

4° A quoi il faut ajouter, depuis la découverte de l'équivalence théorique de la chaleur et du travail, la production ou destruction de force vive, ou le travail dépensé en ce point.

La loi de l'échange de chaleur par rayonnement, proportionnelle à la différence des températures, transportée à l'échange de chaleur par conductibilité (l'échange étant considéré comme dû au rayonnement particulaire) sert de base à la théorie de la propagation de la chaleur de Fourier.

Appuyé sur cette seule idée, où il a été suivi par Laplace et Poisson, c'est-à-dire en considérant la transmission de la chaleur à volume constant sans introduire la déformation du conducteur, Fourier aborde différents problèmes concernant la propagation elle-même et la manière de tenir compte, dans un milieu limité, de la perte par la surface. Au cours de ce travail classique, il découvre la célèbre formule analytique qui porte son nom [2].

g) C'est dans des mémoires subséquents qu'il a abordé la question de la température de la Terre. Il conclut, aussi bien que Laplace, à l'existence d'une température interne initiale et à un état actuel de refroidissement. Mais c'est Poisson qui a traité [3] avec le plus de

(1) FOURIER, *Théorie analytique de la chaleur*. Paris, 1822.

(2) *Loc. cit.*, p. 210.

(3) POISSON, *Théorie mathématique de la chaleur*. Paris, 1835.

soin et de la manière la plus étendue la question des périodes thermiques du globe dépendantes de diverses sources. Ces sources de chaleur sont la chaleur propre du globe, le rayonnement du Soleil, celui de l'enceinte stellaire. A l'égard de la chaleur propre du globe, Poisson, en discordance sur cela avec Fourier et Laplace, fait voir qu'il n'est nullement nécessaire, pour expliquer l'accroissement systématique de la température avec la profondeur sous le sol, ni d'admettre qu'elle croît indéfiniment jusqu'au centre, ni de supposer une haute température initiale; le calcul satisfait également bien aux faits quand on admet la considération d'une Terre solide, mise d'abord en équilibre de température avec l'espace dans une région de celui-ci plus chaude que celle qu'elle parcourt aujourd'hui, et par conséquent dans un état actuel de refroidissement. Sans doute cette hypothèse de Poisson n'explique que par le fait lui-même la raison du refroidissement actuel, c'est-à-dire que le passage de la Terre d'une région plus chaude dans une région plus froide est invérifiable ; et vu la haute température des Soleils, température qui indique une chaleur propre résultant de la formation des globes, la cause invoquée est peu vraisemblable ; c'est-à-dire qu'il semble en tout état de cause exister une raison de l'accroissement de la température avec la profondeur propre au globe lui-même. Toute la question est de savoir jusqu'où cet accroissement s'étend. Mais ce qu'il faut retenir de tout cela à l'égard de l'hypothèse de la fusion totale, c'est que le fait de l'accroissement de la température dans la mince couche superficielle terrestre ne rend nullement nécessaire, d'après le calcul, cette hypothèse extrême, et qu'il s'accorde avec toute cause qui produira une température des couches terrestres plus élevée que celle de l'espace ambiant. Quant aux résultats acquis, le seul apporté jusqu'ici par la théorie mathématique de la chaleur du globe a été de vérifier que les profondeurs auxquelles parvient par conductibilité la chaleur rayonnée par le Soleil sont, avec les durées des périodes thermiques correspondantes, dans la relation que prévoyait cette théorie.

Sur la question fondamentale de l'état thermique interne, c'est-à-dire notamment de l'état de fusion totale du globe, la théorie ne permet de rien décider. Elle est également conciliable avec cette dernière supposition et avec celle d'un état solide interne.

h) Avant de passer à l'ordre des faits électriques, faisons une remarque sur la marche historique des spéculations relatives au globe et fondées sur des considérations soit mécaniques, soit thermiques. Dans l'ordre rationnel de l'investigation, c'est l'étude complète des conditions mécaniques d'existence du globe qui précède celle de son état thermique. Néanmoins, c'est, historiquement, la notion de la température interne qui, imposée dès l'abord, a influé ensuite sur toutes les recherches mécaniques dont il s'agit. La fusion totale, condition suffisante sans doute, mais non pas nécessaire, a été supposée tout d'abord pour expliquer l'aplatissement par l'action de la force centrifuge sur un liquide. L'accroissement de la température avec la profondeur, observé dans une couche superficielle de la Terre, condition nécessaire mais non pas suffisante pour affirmer la fusion interne, a paru ensuite être une confirmation de la première hypothèse, hypothèse de laquelle semblaient aussi attester le bien fondé les faits volcaniques. C'est ainsi que l'idée de la fusion interne a pris rang de vérité traditionnelle. Mais aujourd'hui les résultats ultérieurs de ces recherches mécaniques se trouvent finalement être défavorables à l'idée d'un état fluide intérieur; il s'ensuit donc qu'ils se trouvent aussi, en remontant le cours des idées, défavorables à la supposition d'un accroissement continu de la température de la surface jusqu'au centre du globe, car cette dernière supposition, en vertu de la température interne énorme à laquelle elle conduit, ne paraît être, en effet, compatible, quelle que soit la grandeur de la pression, qu'avec la notion d'une fusion totale.

i) Un des exemples les plus remarquables d'une transformation du champ théorique par l'expérience est celui que nous avons à envisager maintenant, savoir la question de l'électro-magnétisme. Ici se présente, avec toute l'autorité du grand nom d'Ampère, une conception radicalement différente de la précédente et qui semble devoir en concilier les difficultés.

k) Analysons brièvement les idées de principe de la théorie de l'électricité. La production d'électricité par le frottement n'est autre chose que celle de l'électricité de contact qui constitue la célèbre découverte de Volta; cette expérience met en évidence le trait caractéristique le plus considérable de la nature de l'électricité, celui de

manifester une polarité partout où il y a hétérogénéité [1] dans le milieu, soit par différence de nature des corps entre deux points voisins, soit par différence d'état d'un même corps relativement à sa constitution moléculaire, soit par variation de pression, ou seulement de température.

De l'électricité étant produite, et le fait de l'attraction électrique étant ensuite constaté, on a pu faire, pour la détermination de sa loi élémentaire, ce qui, sans d'immenses difficultés, n'avait pu se faire pour l'attraction newtonienne, à raison de la faible intensité de cette dernière, c'est-à-dire mesurer directement les actions réciproques des particules électriques. Coulomb en a établi la loi; elle est la même que celle de l'attraction newtonienne; mais le trait caractéristique qui différencie la matière électrique de la matière proprement dite, et qui conduit à embrasser dans une même formule tout l'ensemble des faits électriques, c'est que, tandis que le flux de force de l'attraction newtonienne n'est accompagné d'aucune variation de la masse d'où il émane, le flux de force électrique est accompagné d'une dépense de masse électrique, la quantité d'électricité qui passe dans une section de surface donnée en un temps donné étant proportionnelle à la force électrique. En outre, la force exercée par la substance électrique, que l'on est conduit ainsi à regarder comme en mouvement, est fonction de sa vitesse, ce qui réalise une des possibilités rationnelles concevables *a priori* concernant l'action d'une force. D'ailleurs, d'après une célèbre expérience de Rowland [2], la force ainsi exercée, et qui dépend du mouvement de la substance électrique,

[1] Cette conception de l'origine de la polarité électrique est une des notions de principe de notre *Étude sur le système des forces* (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XLVIII). C'est le résultat immédiat de l'analyse des faits, comme le montrent aussi les remarquables travaux de notre éminent confrère, M. Spring.

[2] Les résultats des expériences plus récentes de M. Crémieu ont paru contredire l'expérience de Rowland. Mais ces nouvelles expériences font intervenir l'induction et non plus l'action constante d'une force électro-magnétique, et il resterait à savoir, quelque conforme que cela soit à nos idées actuelles en électricité, s'il n'y a pas pétition de principe à décider d'avance qu'il y aura ici coexistence de manifestations.

serait la même, que cette substance se déplace dans un conducteur sous l'action de la force électrique, ou que l'électricité, fixée sur un corps matériel, se trouve déplacée avec ce corps lui-même.

L'*induction électrique* n'est pas un principe nouveau, mais bien une conséquence du fait que, d'après ce qui précède, le flux de force est accompagné en chaque point d'un conducteur d'un mouvement de l'électricité, c'est-à-dire du mouvement en sens inverse des deux électricités de signes contraires; ce mouvement est nul quand, dans l'état d'équilibre, la surface du conducteur est devenue surface d'égal potentiel.

L'*induction magnétique* est une force qui, émanée de l'électricité en mouvement, s'exerce sur l'électricité en mouvement, qu'il s'agisse d'un courant proprement dit ou, comme dans l'induction unipolaire, que l'électricité d'un corps se trouve en mouvement par le mouvement même de ce corps. Le flux d'induction électrique produit un courant; la variation du flux d'induction magnétique produit un courant.

Toute la théorie de l'électro-magnétisme se résume donc par les idées suivantes : Considérons un milieu conducteur; une masse électrique exerce en un point du milieu une force électro-motrice dépendante de son potentiel; elle y développe un courant proportionnel au flux de force électrique.

Une masse électrique en mouvement exerce en un point du milieu une force dite *magnétique*. Il en résulte en ce point une force électro-motrice dépendante de la force magnétique et de la vitesse de l'électricité en ce point (vitesse propre soit à un courant dans le conducteur, soit à un mouvement du conducteur) et un courant dû à la variation du flux de force magnétique en ce point du conducteur (cette variation est l'effet soit d'une variation de la force magnétique, soit d'un déplacement du conducteur dans le champ magnétique resté identique à lui-même).

En un point du conducteur, le courant est proportionnel à la force électro-motrice totale provenant : 1° du flux de force électro-statique; 2° de la variation du flux de force magnétique; 3° d'après les faits d'induction unipolaire, de la force magnétique et de la vitesse de l'électricité en ce point.

Si le milieu est diélectrique, en vertu des principes précédents il y a encore décomposition électrique en chaque point, mais équilibre électrique dans chaque élément de volume. Cet équilibre constitue le *déplacement* de la théorie de Maxwell. Le courant n'est plus dû alors en chaque point qu'à la variation du déplacement.

Les idées précédentes, qui réunies forment le faisceau de la théorie, sont l'acquis d'un ensemble historique de découvertes que repèrent progressivement les expériences de Coulomb, la découverte fondamentale de Volta sur l'électricité de contact (c'est-à-dire la production de l'électricité dans toute section d'un milieu qui sépare des différences d'état de ce milieu, cause première et unique de l'existence de l'électricité), l'expérience d'Oersted, les travaux d'Ampère sur la loi d'action des courants, la découverte de l'induction magnétique par Faraday, enfin récemment celle des ondes électriques par Hertz. Il faut y joindre l'expérience célèbre de Rowland sur les effets de l'électricité statique en mouvement et l'induction unipolaire de Weber.

l) J'ai dit que la considération de l'électricité, et celle du magnétisme qui s'y ramène, présentent, sous une face nouvelle, la question de la constitution intérieure du globe : d'une part, au point de vue thermique, si l'on fait intervenir la production de chaleur qui accompagne dans tout conducteur le courant électrique, d'une autre, en faisant attention à la relation qui existe entre l'intensité du magnétisme et la température des aimants. La première cause permet de concevoir, ainsi qu'Ampère l'a proposé [en donnant à sa conception une remarquable extension cosmogonique, puisqu'il y cherche jusqu'à la cause de la chaleur et de la lumière des globes qui brillent par eux-mêmes (1)], sans nul recours à une fusion intérieure totale, l'existence, à une certaine profondeur sous la surface, d'une couche de température maximum entretenue par la circulation électrique. La seconde cause corrobore les déductions de la première et peut fixer, à elle seule, d'une manière très sûre, les idées au sujet de l'état thermique de l'intérieur de la Terre. En effet, le magnétisme terrestre

(1) AMPÈRE, *De l'action exercée sur un courant électrique par un autre courant, le globe terrestre ou un aimant*, § 3 (ANN. DE CHIM. ET DE PHYS., t. XV, pp 59-76 et 170-218).

moyen, d'après les calculs de Gauss et de Thomson [1], émane de masses magnétiques ou de courants intérieurs à la surface; mais cette seconde cause ne peut être admise comme terme de premier ordre, car elle ne rend aucun compte du caractère d'inertie du magnétisme permanent du globe. Ce magnétisme est équivalent à celui que l'on obtiendrait en distribuant huit grands barreaux de Gauss dans chaque mètre cube du volume terrestre, évaluation que ne contredit pas la valeur attribuée à la densité moyenne du globe et qui autorise son assimilation à une masse fortement ferrugineuse. Or le magnétisme d'un aimant disparaît dès que sa température atteint 700°. Il paraît donc impossible d'admettre, quand on part de la considération de l'intensité magnétique, que la température intérieure du globe soit très élevée. On serait contraint, pour admettre cette hypothèse, de supposer que le magnétisme terrestre réside tout entier dans une mince couche superficielle, c'est-à-dire obligé d'admettre, d'après le calcul du moment magnétique principal, une composition de la croûte terrestre en fer absolument incompatible avec celle que l'observation autorise à accepter.

(6) L. Green, *Vestiges of the molten globe*, London, 1875, pp. 37-49.

(7) *Ibid.*, pp. 4 et 12.

(8) Il faut, dès l'abord, faire intervenir une considération capitale dans toute spéculation, à savoir : l'*ordre de grandeur* des faits. On parle d'une Terre tétraédrique; mais, en réalité, le relief est un frissonnement tellement imperceptible de la surface que la section de celle ci, normale à l'axe de rotation, reste concave vers le centre, c'est-à-dire que ce relief n'altère pas même par un terme d'ordre inférieur sensible la forme ellipsoïdale du sphéroïde. Les mathématiciens, habitués à mesurer l'ordre des causes par celui des effets, seraient donc, semble-t-il, plutôt portés à supposer ici l'action d'une cause perturbatrice de second ordre que celle d'une action concernant la masse entière du sphéroïde, aussi primordiale et énergique que sa contraction totale par refroidissement; ils en admettraient bien plus volontiers une qui, sans altérer la forme générale de ce qu'on appelle

[1] Thomson, *Reprint of papers on electricity and magnetism*. London, 1872. *On the electric currents by which the phenomene of terrestrial magnetism may be produced*, p. 462.

l'écorce du globe, aurait simplement dessiné sur une surface déjà donnée quelques traits qui sont les lignes de soulèvement et de dépression.

Cette objection indirecte, relative à la considération si essentielle de l'ordre de grandeur des effets, a été faite par M. St. Meunier, en réponse à la préconisation de l'hypothèse de Green par MM. de Lapparent et Lallemand, et subsiste aux répliques qu'elle a provoquées [1]. Mais d'ailleurs, à mesure que l'examen critique s'approfondit, il fournit des arguments directs dans la constatation de faits qui, nullement expliqués, devraient cependant l'être. Ainsi, par exemple, la conception tétraédrique n'explique pas même pourquoi les soulèvements affectent la forme méridienne. En effet, tout d'abord la seule pointe du tétraèdre qui soit vraiment représentée par une pointe sur la Terre, c'est celle qui coïncide avec le pôle sud. Les trois pointes de l'hémisphère nord, on vient de le constater, ne se retrouvent pas; mais en reconnût-on l'existence, quelle raison y avait-il pour que les effilements entre les quatre pointes, correspondants aux arêtes du tétraèdre, se fissent plutôt dans le sens méridien que suivant les autres arcs de grand cercle que ces pointes déterminent? Or, de cette identité d'effets, de cette conséquence évidente, rien n'existe. Il semble donc que rien non plus ne subsiste, dans l'analogie avec le tétraèdre, que le fait général d'une prédominance des continents sur l'hémisphère nord et l'existence de la pointe antarctique; et c'est ce que l'on semble avoir concédé, en effet, plus récemment, en ne conservant du tétraèdre que la notion d'une Terre en forme de toupie. Mais si la théorie tétraédrique avait le défaut de trop préciser et d'être par là en désaccord avec les faits, cette dernière concession a le défaut d'être beaucoup trop large; car elle n'explique plus rien de ce qu'il faudrait, qui est précisément la loi du relief en longitude. Enfin on n'aperçoit non plus en rien dans cette théorie pourquoi les continents asiatique et américain, et avec eux la ligne de fond des océans, sont contournés en forme d'S. L'explication de ce fait par le retard dans la rotation d'un hémisphère sur l'autre, retard qui proviendrait d'une différence des moments d'inertie créée par le relief [2], ne serait, à la rigueur, compréhensible

[1] *Bull. de la Soc. astron.*, 1897, pp. 242, 243, 245, 288.

[2] Abstraction faite des objections tirées de l'ordre de grandeur des effets.

que par une action brusque de refroidissement qui, saisissant la Terre fluide, dans le même temps qu'elle crée son enveloppe solide, donnerait lieu à sa contraction en forme tétraédrique. Mais la rotation relative des deux hémisphères suppose pour le moins un état semi-fluide; au contraire, la formation tétraédrique implique la constitution préalable d'une enveloppe solide. Cette contradiction est bien réelle : les données mêmes sur lesquelles toute la théorie s'appuie, introduisent, en effet, d'abord un sphéroïde fluide en rotation; par le refroidissement lent et progressif, la surface se solidifie, et c'est seulement quand une croûte solide s'est ainsi formée qu'on est autorisé à invoquer sa contraction tétraédrique très lente, par retrait de la masse intérieure; mais si l'on a dès lors affaire à une enveloppe solide, et qu'il s'agisse d'ailleurs d'une progression insensible dans l'effet, comment pourrait-il être ultérieurement question d'une rotation relative de l'un des hémisphères par rapport à l'autre?

Enfin, on ne voit pas même dans la théorie de Green pourquoi le prétendu tétraèdre s'est orienté suivant l'axe du sphéroïde, sphéroïde que l'on suppose d'abord formé et que l'on fait se contracter ensuite; encore moins la raison d'être de la prédominance des continents dans l'hémisphère nord; car si, admettant à cet égard une idée qui a été avancée mais qui n'explique le fait que par le fait, on suppose qu'une température plus froide de l'espace dans l'hémisphère céleste boréal a favorisé dans ce sens la solidification de la croûte terrestre, on est tout de suite obligé d'abandonner cette hypothèse quand il s'agit de l'opposition caractéristique qui existe entre la dépression polaire nord et le soulèvement antarctique (ce soulèvement, auquel le cercle polaire antarctique sert de limite, ce qui est un autre trait systématique inexpliqué); car il faudrait logiquement admettre alors aussi que la température de l'espace céleste se soit trouvée plus basse au-dessus des régions polaires sud qu'au-dessus des régions polaires nord, ce qui contredirait ou compliquerait singulièrement la supposition précédente; cela contraindrait, en effet, à l'hypothèse, assurément épineuse, qu'il existe sur la sphère céleste une distribution systématique tellement particulière de la température de l'espace, qu'elle soit précisément calquée sur la distribution systématique des continents et des mers du globe terrestre, c'est-à-dire ordonnée par

rapport à l'axe de rotation et à l'équateur de celui-ci. Sous cette forme, l'explication dont il s'agit ne sera, sans nul doute, proposée par personne. La nécessité où l'on serait cependant de l'adopter achève, à notre sens, de ruiner le système.

Il n'y a donc rien d'excessif à redire en présence de tout cela que la faveur accordée à l'hypothèse de Green a eu surtout, au fond, pour cause l'apparente confirmation qu'elle semblait apporter d'une conception généralement admise en géologie, concernant l'état intérieur du globe, savoir : la fusion interne; nous ajouterons que s'il en est ainsi, les adversaires de cette dernière conception seraient très autorisés à retourner l'argument, à conclure que si l'hypothèse de Green est indissolublement liée à celle de la fusion interne, toutes les raisons qui s'opposaient déjà à l'admission de celle-là deviennent autant d'arguments contre celle-ci. Tout repose, en effet, sur les conséquences qu'on cherchait à tirer de résultats d'expérience obtenus dans la contraction d'une enveloppe soit par refroidissement, soit par dépression. Ces résultats tendent, dit-on, à prouver que la contraction se produit suivant le type triangulaire ou tétraédrique; or, si la Terre *n'est en fait pas construite suivant ce type*, il faudrait conclure logiquement aussi qu'elle n'est pas non plus constituée par un noyau fluide supportant une écorce qui se contracte par refroidissement.

(9) Brück, *Électricité ou magnétisme du globe* (3 vol. in-8°, 1851, 1857, 1858), t. I, pp. III et suiv.

(10) Pour une analyse plus détaillée, voir *Étude*, etc., pp. 412 et suiv. et pp. 492 et suiv. Un trait de confirmation bien remarquable du rôle du méridien asiatique-américain comme plan de symétrie fondamental du système quadrangulaire est la profonde dépression océanique de 6,000 mètres qui s'étend, suivant le parallèle de 45°, immédiatement au sud du détroit de Behring, et qui a pour opposé, à 180°, dans le même plan parallèle, le massif de l'Europe centrale. On notera aussi comme nouvelle preuve d'analogie entre les S asiatique et américain les deux régions de plus grande profondeur qui dans l'Atlantique (6,000 mètres) et le Pacifique (8,000 mètres) caractérisent respectivement dans l'hémisphère nord les côtes orientales de l'Amérique et de l'Asie. Tous ces traits surabondants ne laissent aucun doute sur la correspondance physique entre les deux soulèvements asiatique et américain et l'existence physique de leur méridien de

quadrature européen-africain, et mettent nettement en évidence le type quadrangulaire du relief.

(11) Pour les schémas comparés des deux lois, voir mon ouvrage *Mathématique de l'histoire*, p. 633, fig. 25 et 26. Bruxelles, Kiessling, 1900.

(12) GILBERT, *De magnete... et de magno magnete tellure*. Londres, 1600.

(13) DESCARTES, *Principia philosophiae*, pars IV, §§ CXLVI et sequ.

(14) Voyez p. 1070, en note.

(15) Les formules qui constituent ce qu'on appelle la théorie du magnétisme terrestre de Gauss, ne sont qu'une application de l'analyse de Laplace sur l'attraction des sphéroïdes. Elles ont établi pour le magnétisme, comme autrefois pour l'attraction, la réalité de la loi élémentaire d'action. En principe, aujourd'hui, comme au premier jour avec l'inventeur (Gilbert), elles ne disent rien de plus, si ce n'est que la Terre est un aimant. Parmi les travaux analytiques de recherche les plus remarquables qui dans cette voie ont continué Gauss, il convient de citer ceux de MM. Schuster et Gyllenskold [1].

(16) Les faits se résument comme suit :

1° D'une part, le système géométrique présente deux grands cercles, l'équateur et l'écliptique avec leurs pôles; il a pour plan de symétrie leur cercle bissecteur; d'autre part, le système magnétique terrestre a son axe magnétique bissecteur entre l'axe des pôles et un axe incliné sur celui-ci de l'obliquité de l'écliptique; d'ailleurs, ce n'est pas seulement à l'égard du système géométrique résultant qu'il y a ici concordance entre l'élément physique et l'élément géométrique, c'est aussi en ce qui concerne les facteurs composants; d'après une expérience directe de Wilde [2], le système magnétique terrestre est physiquement équivalent à celui de deux aimants placés l'un suivant la ligne des pôles, l'autre suivant la normale à un cercle écliptique;

[1] SCHUSTER, *On the cause of the solar-diurnal variation of terrestrial magnetism* (PHIL. MAG., vol. XXI, May, 1886, p. 435).

CARLHEIM-GYLLENSKOLD, *Sur la forme analytique de l'attraction magnétique de la Terre en fonction du temps* (ANN. DE L'OBSERV. DE STOCKHOLM, 1896).

[2] WILDE, *On the cause of the phenomena of terrestrial magnetism*, R. S. P. June 1890.

le magnétisme possède donc un plan de symétrie physique, c'est-à-dire un méridien principal, et la décomposition géométrique, équatoriale et écliptique, n'était pas une fiction conventionnelle; elle répond à une réalité.

2° Le fait précédent établit déjà l'existence d'une relation entre l'organisation physique de la Terre et ses mouvements : rotation équatoriale et révolution écliptique. Si cette organisation est le résultat d'une action du Soleil, et qu'il intervienne en outre dans son établissement un *élément d'inertie* donnant lieu à un moment résistant, il y aura, par la rotation continue, tendance à la rétrogradation continue du système autour de l'axe de rotation. Or le magnétisme terrestre présente ce caractère; d'ailleurs ses périodes sont sous l'influence directe de celles du Soleil.

3° Si la surface du sphéroïde doit être modifiée par une action dépendante de l'organisme qu'on vient de définir géométriquement et cinématiquement, sa déformation viendra dessiner d'une manière tangible les lignes directrices de cet organisme.

Dans cette hypothèse, la formation sera donc méridienne; elle présentera un maximum d'action dans le plan du méridien principal du système, qui est ici le méridien magnétique principal. Elle se trouvera donc ordonnée en longitude par rapport à ce premier méridien, et dès lors, par une raison de symétrie, c'est quand le méridien principal sera en quadrature avec le premier méridien de déformation ou soulèvement que (la résistance à la déformation atteignant un maximum) il y aura lieu à un soulèvement nouveau. La loi quadrangulaire de déformation méridienne se présentera donc alors comme une conséquence de conditions géométriques et cinématiques antérieures. Le relief du globe sera la reproduction sensible, la répercussion d'un réseau de cercles astronomiques.

4° Enfin, si la correspondance qu'établissent les traits précédents entre les données astronomiques et la géographie est fondée et qu'il existe dans les premières un élément de dissymétrie, il faudra qu'il se retrouve dans le dessin géographique sensible. Or un tel élément existe : c'est l'excentricité de l'orbite. En vertu des lents mouvements de l'équinoxe et de la ligne des apsides, et par l'intermédiaire du temps, l'intervention de cette excentricité favorise au cours des siècles, à l'avantage d'un hémisphère désigné, les effets d'une action

lentement emmagasinée du Soleil. Ce trait d'inégalité astronomique, qui a si souvent attiré l'attention, qui aujourd'hui même est le facteur fondamental des spéculations de la géologie générale, se traduirait dans la corrélation géographique par une distribution inégale de la surface entre les deux hémisphères, par une dissymétrie relativement à l'équateur, l'axe des pôles restant cependant axe de symétrie. Or, c'est précisément ce qui se présente; il suffit de se rappeler, à cet égard, la prédominance des continents dans l'hémisphère nord, leur forme effilée vers le sud, et la différence, affaissement et soulèvement des régions arctique et antarctique.

Quant à la forme méridienne en S, si remarquable, que manifeste également le relief, elle s'accorde avec la même notion d'une dissymétrie d'action sur les deux hémisphères quand on la combine avec le fait de la rotation du globe dans un sens déterminé. Si, par exemple, l'équateur n'est pas un plan de symétrie des vitesses dans un système cinématique propre au globe, si des vitesses méridiennes ont un sens constant de pôle à pôle sur les deux hémisphères, elles peuvent, en se composant avec la vitesse linéaire que produit la rotation, donner lieu sur les deux hémisphères à des déplacements en longitude dirigés en sens inverses [1].

(17) La question qui se pose est celle-ci : Découvre-t-on dans les notions actuellement possédées par la science, une cause de nature à déformer la surface du globe et qui soit en rapport avec son système magnétique? On sait, dans les limites des expériences de laboratoire les plus précises, qu'un champ magnétique ne produit immédiatement aucune modification dans une matière non magnétique. Il ne pourrait y donner lieu que par l'intermédiaire des courants d'induction qu'il provoque, ou encore par des courants qui le constitueraient lui-même. L'agent médiat qui se trouve en jeu est la chaleur développée dans l'un ou l'autre cas par ces courants. Par la dilatation et la transformation d'état des corps, cette chaleur, si elle est distribuée

[1] C'est ce 4°, adjoint aux conditions 1°, 2°, 3° impliquées dans la conception de Brück, qui nous a donné (*Étude*, etc., §§ 285-287) l'explication des S méridiens du relief. Pour la suite des déductions de Brück, voir soit son *Magnétisme du globe*, t. I, soit notre exposé dans CINQUANTE ANS DE LIBERTÉ, *Histoire des sciences physiques*, pp. 125 et suiv. (Weissenbruch, Bruxelles, 1880.)

systématiquement par la distribution des courants, déterminera aussi une distribution systématique de la déformation superficielle dont elle se présente comme une cause effective. Cependant : 1° des deux espèces de courants que l'on vient de mentionner, la seconde, savoir des courants qui constitueraient le champ magnétique lui-même, intervient seule ici, car les données du problème n'introduisent pas de courants d'induction; 2° ces courants, propres au magnétisme, même si l'on arrivait à les concevoir autrement que sous la forme de courants dus à la rotation de la Terre électrisée (forme qui n'est accompagnée d'aucune production de chaleur), ne pourraient conduire à aucune explication de la construction du relief, car celle-ci impose comme condition géométrique une loi de formation méridienne, systématiquement distribuée en longitude, et les courants du sphéroïde magnétique de la Terre ne pourraient présenter qu'une distribution parallèle, n'offrant aucune analogie avec la distribution méridienne, son contournement en S et la différence de prédominance du relief entre les deux hémisphères. Il résulte de là que la simple notion du courant électrique est ici inhabile à rendre compte des faits d'observation. Il convient donc, pour poursuivre la recherche de la cause qui lie au magnétisme du globe le système de son relief, d'examiner de plus près les différents termes qui figurent dans les équations générales du champ électro-magnétique, et d'épuiser les combinaisons d'idées qui en résultent.

Or on constate, en procédant à cet examen, que dans ces équations figure une force, qu'on peut appeler *force motrice du champ* et qui agit sur les éléments matériels du milieu. Cette force dépend de la densité électrique superficielle de ces éléments, densité qui, elle-même, dépend de l'intensité magnétique du champ et, dans le problème actuel, de la rotation de la Terre. Si, d'autre part, on passe en revue les divers états que présente la matière, ou les différents milieux matériels qu'elle permet de concevoir et que cette force électrique pourrait mettre en mouvement, on est conduit, par la théorie jusqu'ici classique de la lumière, celle de Descartes, de Fresnel et de Cauchy, à reconnaître l'existence d'un milieu plus subtil que les corps les plus expansifs et qui, universellement répandu, occupe même les espaces intermoléculaires; ce milieu par conséquent constitue, quand on le considère dans l'ensemble de tous

les corps qui forment le globe, une partie intégrante de ce globe lui-même. Même si, en présence des résultats analytiques de la théorie électro-magnétique de la lumière de Maxwell, on renonçait à concevoir l'éther lumineux sous la forme d'un fluide matériel, la simple analogie ne continuerait pas moins à faire admettre l'existence d'un semblable fluide, car elle conduit naturellement à prolonger la suite des corps dans l'ordre de la subtilité croissante, à concevoir par conséquent, au delà des gaz les plus raréfiés, un corps de subtilité encore plus grande. Des faits qui sont en connexion à la fois avec la thermodynamique et avec la théorie du champ électrique, confirment d'ailleurs d'une manière plus précise la légitimité de cette induction. Il y a donc lieu, d'après cela, d'examiner quels seraient les mouvements d'un fluide hypothétique matériel tel que l'éther du globe, d'après les équations du champ électro-magnétique terrestre, champ qui dépend en chaque instant du magnétisme de la Terre, de sa rotation, de son potentiel électrostatique et des variations observées de celui-ci sous l'influence du Soleil. Or il se trouve qu'à raison de la coexistence de ce champ et de l'attraction même du globe sur le fluide matériel, il est possible de concevoir son état mécanique comme étant un état dynamique, par un principe analogue à celui qui permet d'admettre, sous l'action simultanée de cette attraction du globe et de la chaleur due au Soleil, une circulation du fluide atmosphérique. Sans même en développer l'analyse détaillée, on aperçoit d'ailleurs immédiatement ici, c'est-à-dire par de simples raisons d'ordonnance géométrique, que la circulation dont il s'agit ne pourra être que méridienne, et que l'existence du plan principal du système magnétique introduit également dans le problème une variation de distribution de cette circulation en longitude, ordonnée par rapport au système géométrique que détermine ce plan. Elle présentera une énergie maximum dans ce plan principal, qui devient dès lors un plan physique de modification de la surface du globe, c'est-à-dire un plan principal de soulèvement; et la variation séculaire, qui donne au plan magnétique principal une révolution autour de l'axe géographique, déplace aussi avec lui ce méridien physique. D'ailleurs la circulation, à raison de l'élément de dissymétrie qui existe dans l'action du Soleil sur les deux hémisphères, c'est-à-dire à raison de l'excentricité de l'orbite, affecte un régime dissymétrique par rapport

à l'équateur. Elle s'établit de pôle à pôle, et la période qui règle les alternances de sa direction, unique dans toute l'étendue des demi-méridiens, est celle du retour de l'équinoxe au grand axe de l'orbite. Dans la phase actuelle de cette période, la circulation marche à la base de l'écorce du globe du nord au sud, et, par la force centrifuge composée, elle affecte dès lors une tendance à être déviée par rapport aux méridiens géographiques, vers l'ouest dans l'hémisphère nord, vers l'est dans l'hémisphère sud, de manière à reproduire la forme en S si caractéristique du relief.

Tout ceci se résume donc en ce que la circulation d'un éther matériel occupant toute la masse du globe, reproduit, sous forme d'énergie physique, tous les traits qu'introduisait la considération purement géométrique : 1° de la constitution du système magnétique; 2° de la loi du relief. D'ailleurs ce nouveau facteur est essentiellement de nature à rendre compte d'un phénomène tel que cette déformation de la surface; car, indépendamment des effets purement mécaniques qu'on pourrait sans doute attribuer au mouvement d'un fluide matériel qui se meut à l'intérieur des corps, ce facteur doit agir surtout par la chaleur que développe, en vertu du principe fondamental de la thermodynamique, sa force vive détruite par la résistance du conducteur.

Les faits de décomposition chimique, ou la simple élévation de température des couches internes combinée avec la pression, peuvent donner lieu à tous les effets qui constituent, dans le sens donné à ce mot par Humboldt, le vulcanisme, c'est-à-dire la réaction de l'intérieur du globe sur sa surface. La forme même des soulèvements, leur distribution méridienne, leur torsion apparente en S sur les deux hémisphères, leur prédominance sur l'un des hémisphères, sont des conséquences de la même hypothèse. Car c'est dans le méridien magnétique principal, plan où la circulation est la plus énergique, que le soulèvement de la partie superficielle se manifestera; s'il est dû à un vaste mouvement d'expansion du fluide inerte, de l'hémisphère nord vers l'hémisphère sud, l'effet, maximum d'abord dans le premier hémisphère, ira en diminuant d'intensité à mesure de la perte de force vive, et enfin la force centrifuge composée déterminera dans le courant intérieur une déviation, ouest dans l'hémisphère nord, est dans l'hémisphère sud, qui se traduira et se dessinera

ensuite matériellement dans la forme méridienne en S des grandes arêtes méridiennes continentales. Envisagée quant à l'ordre rationnel des déductions, il est essentiel de remarquer qu'en fait une telle hypothèse ne nécessite l'introduction d'aucune idée de principe nouvelle; elle ne fait qu'énoncer une conséquence de principes mécaniques déjà admis, — tel est le mouvement de translation de l'éther, compris dans sa définition mécanique aussi bien que ses mouvements de vibration; telle la force motrice du champ électro-magnétique, qui figure dans les équations complètes de ce champ; telle la transformation de force vive en chaleur, consacrée par le principe fondamental de la thermodynamique. Tout cela met en présence d'un agent entièrement défini qui, fondamental de l'organisme entier du globe, y rend compte, par de simples actions superficielles, de déformations que l'observation révélait aussi, à raison de leur ordre de grandeur, comme appartenant seulement à la surface du sphéroïde, et nullement comme dessinant une déformation de volume propre au globe entier pris dans toute sa masse. Ainsi se confirmeraient sous une forme concrète les vues d'Ampère, qui déjà estimait devoir rapporter les phénomènes géologiques et le volcanisme à des actions voisines de la surface; l'illustre physicien cherchait l'origine de ces actions dans la chaleur que développe le courant électrique en parcourant des conducteurs. Ce dernier fait sans doute, pris tel quel, suffit pour expliquer une déformation, un soulèvement de l'écorce; mais on voit bien que s'il s'agit de reproduire la distribution géométrique des soulèvements, leur ordonnance suivant les lignes et les plans astronomiques de la Terre, le problème nécessite en même temps l'introduction d'un élément d'inertie que ne présentait pas la seule notion du courant électrique. Rien, en effet, ne fait alors entrevoir l'existence de courants se mouvant d'un pôle à l'autre dans des méridiens déterminés.

D'après nous, cet élément d'inertie, qui n'est pas l'électricité, comme le croyait Brück, mais qui est sous l'influence et se meut sous l'action du champ électro-magnétique, c'est ou l'éther, ou un fluide analogue à l'éther que la théorie classique de la lumière avait déjà introduit dans la science avec sa définition mécanique nette, et il suffit de lui appliquer les équations du champ électro-magnétique pour le voir se révéler comme agent dans la construction matérielle

de la surface terrestre. C'est parce qu'il agit comme facteur thermique que cet agent peut devenir aussi un facteur géologique [1].

(18) L'importance des déductions de la note précédente, qui transformeraient entièrement notre conception de l'organisme du globe, ou pour mieux dire qui apporteraient pour la première fois une conception synthétique d'un semblable organisme, rend d'autant plus nécessaire la confirmation d'une vérification expérimentale. Dans l'état actuel de recherche de la science, toute tentative dans ce sens mérite donc d'être signalée et attentivement examinée.

Les essais de vérification entrepris par moi, il y a déjà plusieurs années, se sont présentés après la discussion entière des idées précédentes et l'établissement synthétique de leur théorie; ils constituent en cela une preuve entièrement *a posteriori*. Ils reposent sur l'idée simple que si le globe est effectivement le siège d'une circulation matérielle, un corps librement suspendu doit être orienté par le mouvement de ce fluide, au sein duquel il est plongé, et manifester

[1] A cet égard, et en rapprochant les faits, il est bien intéressant de remarquer combien cette même idée apparaît comme nécessaire, au point de vue de la thermodynamique, quand il s'agit d'expliquer la chaleur développée dans un conducteur par le courant de la pile. La conclusion la plus simple, en effet, quand on considère ici la production de la chaleur, c'est, à raison du premier principe de la théorie mécanique, qu'un travail a été dépensé ou une force vive détruite. Cette force vive ne peut être que celle d'une masse matérielle intérieure au conducteur parcouru qui, par la résistance de ses propres éléments, en empêche la translation. On se trouve donc de nouveau en présence de la supposition d'un éther interne. Cette hypothèse aussi rendrait très bien compte du fait qu'en dépit de l'existence d'une différence de potentiel de contact, le courant n'existe que s'il est concomitant d'une action chimique. Car on conçoit que, dans ce dernier cas, l'équilibre interne de l'éther, dont les densités seraient alors distribuées d'une manière systématique et inégale dans l'étendue du conducteur, et qui est sollicité par la force motrice du champ, devient impossible. Ainsi, au fond, le cas d'un simple courant ramène dans la situation théorique où l'on avait été placé par la considération de l'éther du globe soumis à l'action de son champ électromagnétique. Des deux parts, il y a impossibilité à l'équilibre d'un fluide interne; dès lors : établissement d'un régime de circulation continue, destruction de force vive par la résistance des conducteurs, et une production de chaleur qui, dans le cas de la Terre, devient source de chaleur interne et agent géologique primordial.

par conséquent des mouvements en rapport avec les fluctuations de la circulation de ce fluide. Les premières expériences relatives à cette idée ont été tentées en 1892. Dans un terrain gazonné et découvert de l'Observatoire d'Uccle, on a disposé une dizaine d'appareils consistant en des flacons fermés dans lesquels étaient suspendus, au moyen de brins de fil de cocon, des aiguilles de différentes substances. Ces flacons ayant été enterrés et distribués dans l'étendue du terrain, on relevait les lectures azimutales des directions des aiguilles chaque jour à midi. Or, voici ce qui s'est présenté : Si, pour chaque jour, on fait le diagramme des directions des aiguilles, c'est-à-dire si, à partir d'un même point, on mène des droites parallèles à leurs directions, l'ensemble de ces droites forme à première vue un éventail plus ou moins convergent, dont on peut d'ailleurs construire le vecteur, c'est-à-dire la direction moyenne et le module.

Or, on trouve que l'existence de cet éventail n'est pas accidentelle, car de jour à autre une même direction moyenne persiste, qui, à côté de fluctuations embrassant huit à dix jours, révèle aussi une variation plus lente en rapport avec la succession des mois. Ainsi à Uccle, d'avril 1892 à la fin de juin de la même année, la direction de l'éventail s'est lentement déplacée du nord-ouest jusqu'au sud, pour effectuer à partir de cette époque, c'est-à-dire au commencement de juillet, un retour beaucoup plus rapide vers le nord. Cette dernière direction s'est conservée ensuite pendant les mois d'été. (La difficulté de l'observation en automne et pendant l'hiver a interrompu la série.)

Une première hypothèse qui se présente pour expliquer un semblable fait est celle des courants de convection, c'est-à-dire des mouvements de l'air dans l'intérieur des appareils sous l'influence de différences locales de température. D'ailleurs les conditions de l'expérience, aussi bien que la nature des résultats observés, éliminant ici la supposition d'une action directe de rayonnement du soleil, il ne pourrait s'agir dans l'espèce que d'un flux de chaleur propre au sol et présentant une marche systématique dans son orientation suivant les saisons. On peut remarquer en passant que, considérée dans ce seul point de vue, c'est-à-dire comme moyen de mettre en évidence par un indicateur de direction le flux de la chaleur dans le sol, l'observation dont il s'agit présenterait, au point de vue de la physique du globe et de la météorologie, le plus vif intérêt, mériterait d'être instituée

dans les observatoires et étudiée d'une manière suivie. On pourrait, d'ailleurs, en plaçant un réseau de thermomètres dans le terrain, vérifier si c'est réellement un flux de chaleur qui produit le phénomène observé. Devant un examen plus attentif, cependant, plusieurs circonstances rendent, en ce qui concerne ce phénomène (qu'on pourrait en toute hypothèse désigner par le nom de *flux de terrain*), l'hypothèse de la chaleur insuffisante. Telle est, par exemple, la manière dont se comportent des récipients à deux aiguilles qui, placées l'une dans le haut, l'autre dans le bas du récipient, s'orientent cependant de la même manière, après qu'on a enterré l'appareil. Tels sont aussi les rapports observés entre les fluctuations du vecteur de l'éventail d'aiguilles et les mouvements du magnétisme, car ces derniers mouvements sont, eux aussi, on le sait, dans un rapport très intime avec les mouvements de la chaleur, sans que l'on puisse cependant invoquer, pour expliquer cette corrélation, des actions locales de la température sur les appareils. C'est ainsi que le remarquable changement d'orientation de l'éventail d'aiguilles à la fin de juin 1892 et au commencement de juillet a été concomitant d'un brusque mouvement de redressement du méridien magnétique vers le nord, c'est-à-dire d'une diminution sensible et persistante de la déclinaison.

A la suite de ces premiers essais, dont la série n'a pu être prolongée, on a tenté une épreuve d'un autre ordre, fondée sur l'idée que si une force directrice existe, différente du magnétisme proprement dit, elle doit affecter, aussi bien que tous les autres corps, les aimants librement suspendus (les notions théoriques auxquelles nous avions été conduit relativement à la constitution des aimants, nous conduisaient d'ailleurs à penser que, mieux encore que les corps neutres ordinaires, ces aimants devaient constituer ici des indicateurs de direction). En outre, cela introduisait, par l'emploi de systèmes indicateurs à différents degrés de magnétisme, l'usage avantageux d'une méthode d'observation différentielle; car si l'aimant est réellement soumis à l'action de deux forces de natures différentes, la force magnétique proprement dite, due au potentiel magnétique, et une autre force perturbatrice, l'effet de celle-ci doit se mettre d'autant mieux en évidence que la force directrice principale a moins d'action. Enfin, et quant à la nature du résultat, s'il existe un lien systématique entre

la circulation matérielle supposée et la force magnétique (si, par exemple, les courants matériels de l'éther électrisé équivalent, en vertu de l'expérience de Rowland, à des courants électriques, et par là interviennent indirectement dans le champ magnétique), on pourra s'attendre à découvrir une corrélation entre les fluctuations du magnétisme proprement dit et celles qui seront l'effet de la nouvelle force supposée; en diminuant la force magnétique, on amplifiera par cela même les fluctuations de la déclinaison.

Les résultats que nous avons obtenus dans cette voie, de 1893 à 1896, ont fait l'objet d'un mémoire inséré dans les recueils de notre Académie [1]. Il s'est trouvé qu'en effet des systèmes à moments magnétiques différents présentent des ondulations concordantes et d'amplitudes différentes. Le fait se définit dans sa généralité en ce que la diminution du moment magnétique amplifie les ondulations du magnétisme. Quant à son explication, l'hypothèse de l'hygrométricité ayant été écartée par l'emploi de fils de suspension métalliques, il ne restait en présence, si l'on récusait l'existence d'une force perturbatrice nouvelle, que celle d'une action locale de la chaleur, c'est-à-dire des mouvements de l'air (courants de convection) à l'intérieur des appareils. Cette hypothèse des effets thermiques locaux, dans l'ignorance où l'on est de l'exacte distribution des différences de température dans des appareils de formes variées, et fort différentes les unes des autres, serait admissible sans doute si les effets observés présentaient soit des écarts purement accidentels, soit des périodes sans aucun rapport avec celles du magnétisme, variant de sens d'un appareil à un autre et attribuables à la fluctuation systématique de la température du lieu. Il n'en est pas de même si ces effets sont dans une conformité décidée avec la variation d'orientation du champ magnétique; car, en tout état de cause, si l'on persiste dans ce cas à invoquer l'action locale de la chaleur, le problème, ainsi que je l'ai fait observer dans mon mémoire, n'est que déplacé; il ne resterait pas moins qu'une action directrice inconnue existe, de nature à distribuer la différence de température, c'est-à-dire à produire une orientation thermique, en rapport avec les mouvements du

[1] *La déclinaison d'une boussole... est-elle indépendante de son moment magnétique?* (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. LIII.)

magnétisme, et l'on serait encore toujours ramené à la considération d'un agent directeur non compris dans ceux que l'on connaissait déjà. Toute la question, ici comme dans toute observation physique, est de savoir séparer ce qui est systématique de ce qui est accidentel. Or, si l'analyse que nous avons faite dans le mémoire cité des rapports entre les fluctuations thermiques et celles des effets observés, a montré qu'il existe une relation entre ces mouvements et ces fluctuations (relation qui d'ailleurs est parfaitement conforme à l'ordre des déductions théoriques qui ont conduit à ces expériences), elle établit aussi que ce rapport se retrouve entre les mêmes fluctuations de la chaleur et les mouvements du magnétisme. Si donc on y cherchait quand même la cause immédiate et locale des effets observés, on ne voit pas pourquoi il ne faudrait pas y chercher, au même titre, la cause des effets magnétiques. L'impossibilité ou l'extrême improbabilité de l'hypothèse des actions thermiques locales s'accentue d'ailleurs à mesure que l'on voit reproduites, avec leurs amplitudes multipliées, de plus longues oscillations magnétiques; telles, par exemple, celles qui, définies par la suite des positions mensuelles moyennes, embrassent le cours entier de l'année; car ici, la variation thermique de l'année étant bien connue, il ne peut plus y avoir d'ambiguïté; or ce n'est pas sur elle, mais bien sur la variation du magnétisme que se trouve calquée la variation amplifiée des appareils. Bien plus, ce n'est pas seulement à l'égard de cette variation annuelle que la concordance s'observe; elle se vérifie aussi d'une année à l'autre dans l'amplification de la variation séculaire, circonstance qui élimine encore mieux l'hypothèse d'une action accidentelle locale.

Le mémoire cité concernait des observations s'étendant de 1893 au commencement de 1896. Cette série a été continuée jusqu'à la fin de 1898, époque où elle a été forcément interrompue. Or, non seulement tous les effets antérieurs ont continué à se manifester, mais on a en outre obtenu la vérification nouvelle et capitale, déjà signalée plus haut, que le mouvement séculaire lui-même et ses variations au cours de ces années se trouvent eux-mêmes reproduits amplifiés dans nos appareils à magnétisme diminué. Ce fait est des plus considérables, car il élimine entièrement l'hypothèse de l'action accidentelle locale et notamment celle de l'action calorifique. Nos observations embrassent une série ininterrompue de six années. Il serait vivement à

désirer qu'elles fussent poursuivies. La vérification continuée du grand fait de la variation séculaire que nous avons commencé à observer constituerait la démonstration irréfutable de la thèse capitale qui a donné lieu à leur institution.

Nous avons dit qu'en dehors de toute préoccupation théorique, nos recherches signalent *un ordre nouveau d'observations à instituer en physique du globe.* Il suffirait, pour justifier cette idée, de mentionner l'observation de l'éventail d'aiguilles dont il a été question plus haut. Ce phénomène d'orientation, qu'on pourrait, en tout état de cause, caractériser par le nom de *flux de terrain,* doit prendre place, dans l'observation quotidienne, à côté de l'observation de la *température du sol.* Il constitue un élément de *direction,* comme déjà celle-ci un élément d'*intensité;* tous les deux sont également propres au sol.

Il est bien intéressant d'ailleurs de signaler la vérification que les récentes recherches sur le magnétisme semblent apporter de l'existence d'une atmosphère d'un éther matériel (formant tout continu avec un milieu d'éther interne), par la constatation d'un élément d'inertie dans la propagation des mouvements magnétiques [1].

(19) Cette démonstration réside : 1° dans la définition, qui jusqu'ici était incomplète, de l'*erreur accidentelle;* 2° dans la découverte d'une équation différentielle ayant pour intégrale la valeur la plus probable [2].

(20) Voir *L'humanité, son développement et sa durée,* Bruxelles, 1866, et le *Manifeste du magnétisme du globe et de l'humanité,* 1867.

Comme je l'ai établi dans mon ouvrage : *Mathématique de l'histoire* (Bruxelles, 1900), pages 496-502, la période historique de Brück a une signification physique dépendante de la valeur moyenne de l'année tropique.

[1] Voy. dans BAUER, *Some recent contributions to terrestrial magnetism* (SCIENCE, April 27, 1900, p. 631), l'analyse d'un travail du Dr SCHMIDT, *Sur les causes des tempêtes magnétiques.*

« Dr Schmidt believes that the immediate cause of the magnetic storms is to be referred to electric whirls or vortices which separate themselves from the general electric field in the atmosphere, just as do the cyclones and anticyclones known to the meteorologists... The points of convergence, in general, moved progressively forward with a velocity of about one kilometer in a second and also they were at times nearly stationary. »

[2] *Théorème de la Moyenne* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, juin 1899).

(21) De Smedt, *L'histoire est-elle une science* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, Lettres, 1899, p. 353).

(22) Voir *Physique sociale*, t. II, pp. 217 et suiv. Voir aussi la note page 638 de notre *Étude des forces physiques* (Mém. de l'Acad. roy. de Belgique, t. XLVIII).

(23) *OEuvres philosophiques, historiques et littéraires de d'Alembert*, Paris, 1805, t. II, pp. 7 et suiv. Voir aussi Benoît Malon, *Le socialisme intégral*, Paris, 1891, t. I, note 3, p. 47.

(24) *Quelques mots sur l'évolution* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 3e série, t. XXXVI, nº 12, 1898).

(25) *De l'accroissement de la population et de ses effets dans l'avenir* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, t. XXXII, nº 12, 1896). Voir aussi à cet égard l'Appendice III de notre *Mathématique de l'histoire*, p. 831.

La question d'une concordance entre les périodes physiques et les événements de l'histoire a elle-même d'ailleurs été déjà abordée. Voir à ce sujet les vues émises par l'éminent météorologiste M. Köppen, dans un travail de M. J. Vincent, *Sur la périodicité des hivers rigoureux* (Ciel et Terre, troisième année, p. 217).

(26) *Mathématique de l'histoire*, Bruxelles, 1900 (884 pages, avec figures et planches).

(27) Au point de vue même des principes de la physique, il importe de signaler la lumière que le fait de la loi du relief est de nature à apporter, et, à cet égard, quelques mots sur la déduction rationnelle de ces principes et sur la valeur propre de ceux qui ont conduit Brück à l'édification de sa vaste synthèse, ne paraîtront pas ici hors de propos.

L'existence même des phénomènes introduit d'une manière nécessaire celle de caractères particuliers qui, en dehors des lois purement géométriques et cinématiques, doivent différencier entre eux les points de l'espace [1]. De là provient la notion du point substantiel, et ensuite celle d'une *cause* qui détermine le déplacement de ces points substantiels, c'est-à-dire la notion de *force*.

[1] Pour la théorie de l'espace lui-même, et concernant une erreur de déduction qui ruine les conclusions de principe de la Métagéométrie actuelle, voir notre travail : *Pour la Géométrie euclidienne*, Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, Sciences, 1899, p. 506; et notre *Mathématique de l'Histoire*, Bruxelles, 1900, pp. 674 et suiv.

Dans cet ordre, l'observation la plus générale conduit d'emblée à la constatation d'un pouvoir de concentration ou d'attraction et d'un pouvoir antagoniste de répulsion. Dans les propriétés les plus générales des corps ou des globes, le pouvoir de concentration est représenté par l'attraction newtonienne et moléculaire; le pouvoir de répulsion, quelque forme que doive ici revêtir l'interprétation ultérieure, par l'action de la chaleur, agent assimilable à une force dont l'intensité n'est autre chose que la *température absolue*. Nous avons insisté ailleurs [1] sur l'importance de ce fait, que les deux pouvoirs, sous la forme de l'attraction newtonienne et de la tension des fluides élastiques, manifestent par les lois en raison inverse de la surface et du volume de la sphère, deux des propriétés primordiales de l'espace. La découverte de l'équivalence entre la quantité de chaleur et le travail vient en outre, comme nous l'avons aussi montré, compléter l'expression théorique de la force répulsive; elle révèle en elle une force à intensité variable, dépendante d'un potentiel thermique, qui n'est autre que la *quantité de chaleur*. L'idée de l'identité entre la chaleur et la force vive est une hypothèse qui vient se heurter à des difficultés insurmontables quand il s'agit d'expliquer certains faits (telle, par exemple, la cristallisation des vapeurs, où il faut faire intervenir une distribution régulière et déterminée des centres élémentaires). Le grand argument qui, actuellement encore, subsiste en faveur de cette hypothèse, est le fait général de la tendance à la diffusion au contact de corps différents, tendance qui semble démontrer l'existence d'une agitation propre, et un état de mouvement de translation des éléments des corps. Mais cet argument est loin d'être irréductible; d'après l'analyse des faits, dans l'hypothèse de la force répulsive thermique, cette force dépend non de la masse, mais bien de la surface des éléments, par l'intermédiaire d'un milieu transcendant interélémentaire (le vide), et il résulte de cette condition qu'effectivement l'équilibre est impossible au contact de deux milieux de natures différentes, c'est-à-dire autrement distribués en éléments matériels ou en température. Ainsi donc, dans cette manière de voir aussi bien que dans le point de vue cinétique, il existe une impossibilité générale de l'équilibre qui donne lieu aux faits si nombreux de la

(1) *Étude sur le système des forces* (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XLVIII).

diffusion de la matière. Ce même principe de dissymétrie apparaît encore d'ailleurs et se traduit dans un autre ordre de faits d'une importance capitale : l'origine de la polarité électrique ne paraît avoir d'autre cause première que cette même différence de constitution des milieux en contact, et la découverte de Volta sur l'électricité de contact n'est pas seulement l'origine mémorable de la découverte de la pile, c'est la révélation d'un principe primordial du monde physique.

Cette observation sur l'origine première de l'électricité nous amène d'elle-même aux remarques que nous voulions présenter sur les rapports entre les idées de principe de la physique actuelle et celles que Brück a émises dès 1851 et qui lui assignent un rôle de précurseur.

Dans l'ordre des déductions que nous venons d'exposer, la polarité électrique est l'effet de la différence des actions de milieu à milieu en contact, et d'autre part ces actions ont pour siège un milieu transcendant intermoléculaire (le vide). (L'attraction moléculaire elle-même, d'après ce que nous croyons avoir établi, n'est que le résultat d'une modification de ce milieu constituant, donnant lieu non pas à une force agissant à distance d'élément à élément, mais bien à une dépression interne qui agit sur la surface des éléments.) Il s'ensuit que, dans cet ordre d'idées, la conception des phénomènes électriques est nécessairement liée à celle d'un milieu transcendant interatomique dont les conditions d'existence et les propriétés sont déterminées par la distribution des milieux matériels; et ceci se confond aussi en substance avec la notion du milieu diélectrique de Faraday, notion qui a conduit Maxwell, en attribuant à ce milieu une élasticité spéciale, à expliquer les faits d'induction par une déformation qu'y provoque l'action des forces électromotrices, à synthétiser dans un nombre fini de formules différentielles toutes les propriétés expérimentales de l'électro-magnétisme, et à découvrir ensuite, ce qui a en fait donné toute son importance à cette synthèse, que la vitesse de propagation des mouvements électro-magnétiques n'est autre que la vitesse de la lumière. Ce grand résultat a ouvert un horizon nouveau au problème des relations qui existent entre cet agent fondamental, et par suite aussi entre la chaleur, dont le rayonnement se transmet de la même manière que celui de la lumière,

et l'électricité et le magnétisme. On sait d'ailleurs que les expériences de Hertz sont venues vérifier *a posteriori* l'existence physique des ondulations théoriques de Maxwell. Le rappel que nous faisons ici des systèmes de Faraday et de Maxwell n'a pas d'autre but que d'établir d'une manière plus indubitable le résultat suivant : Il paraît incontestable que, prises dans leur plus grande généralité, les conceptions actuelles de la science conduisent à concevoir le monde extérieur comme constitué d'une part par ce que l'on appelle la matière, les éléments matériels, d'une autre par un milieu transcendant qui sert de véhicule ou de siège aux agents tels que la chaleur, l'électro-magnétisme, la lumière. De la combinaison de ces deux milieux résulte l'infinie variété des systèmes matériels que nous appelons corps. D'après ce point de vue, le monde physique serait donc bien construit suivant un principe de dualité, ce même principe que mettaient en évidence plus haut les deux pouvoirs d'attraction et de répulsion, dès l'abord révélés par l'analyse la plus générale des faits.

Or, ce que nous avons à relever, c'est que cette notion fondamentale a été, dès l'origine des recherches de Brück, énoncée par lui avec netteté comme étant le principe fondamental même du monde physique. Il partage l'espace en éléments matériels ou *espace occupé*, et en un milieu transcendant qu'il appelle le *vide* et qui réagit à la surface de ces éléments. La *réaction* ou *tension du vide*, comme il l'appelle, est une fonction de la quantité de surface des éléments dans l'unité de volume; il s'agit donc bien là d'un milieu transcendant qui agit sur les éléments et, comme dans les conceptions de Faraday et Maxwell, qui transmet une réaction, une tension, une force d'élasticité. Il est vrai que Brück n'a pas eu l'idée nette d'une force de répulsion agissant suivant une loi déterminée en fonction des propriétés de l'espace, qu'il n'a introduit ici ni la notion d'une intensité variable de cette réaction du vide, qui serait la température absolue, ni d'une différence des actions de cette réaction entre les éléments, qui serait l'origine de la polarité electrique ; car, pour lui, la quantité de chaleur est, comme dans l'ancienne physique, la masse d'un fluide matériel, le fluide calorique, et l'électricité n'est en elle-même qu'un semblable fluide, plus subtil encore. De même il n'a fait nul usage de la

notion de l'équivalence entre la chaleur et le travail. Mais il n'en subsiste pas moins qu'il a le premier énoncé sous une forme nette le grand principe de dualité des milieux qui est à la base et comme le dernier mot de la physique actuelle [la réaction du vide est d'ailleurs pour lui le principe même de la tension de ses fluides calorique et électrique, ou de la température et du niveau électrique (le potentiel)].

Enfin l'identification, erronée sans nul doute, de la chaleur et de l'électricité à des fluides matériels, présente elle-même un intérêt indirect, car cette préoccupation de Brück l'a conduit à la conception d'éléments qui, en tout état de cause, paraissent nécessaires à la compréhension de la physique du globe, et dont l'ensemble des faits aujourd'hui acquis à l'observation tend de plus en plus à affirmer la réalité. On sait, en effet, que la théorie classique de la lumière a introduit dans la science la notion d'un fluide matériel plus subtil que les gaz les plus expansifs et résidant dans les espaces intermoléculaires et interatomiques des corps. Cette idée faisait déjà partie intégrante de la physique de Descartes; elle a occupé les physiciens du XVIIIe siècle, comme on le voit notamment par les spéculations d'Euler sur l'existence de fluides successifs sériés par ordre d'expansibilité. Un argument en faveur de sa réalité se tire d'ailleurs de la seule considération de l'existence de vibrations et d'ondulations d'ordres de grandeurs successifs, quand, parcourant tout l'ordre des solides, des liquides et des gaz, on envisage ensuite les vibrations calorifiques, lumineuses, actiniques, électro-magnétiques. Elles ont toutes un trait commun. Pour les unes comme pour les autres, la vitesse de transmission est finie et dépend de la constitution de la matière du milieu traversé. Or, pour les vibrations propres à la matière même des corps, l'élément qui introduit ici la notion d'inertie, c'est-à-dire la valeur finie des vitesses de transmission, est la masse du corps lui-même, et cependant, quand on examine de près ce fait, on reconnaît qu'en dernière analyse cela ne peut se faire que par l'existence et la transmission d'une pression ou élasticité interne qui appartient à un milieu différent de la matière elle-même; c'est-à-dire que la considération des corps proprement dits, où incontestablement vibrent des éléments matériels, exige cependant déjà par elle seule l'existence d'un milieu transcendant non matériel. Tout conduit

donc à penser, si l'on suit une marche inverse, que l'élément d'inertie commun qui pondère dans les corps différents la vitesse de transmission des vibrations éthérées, consiste dans les éléments matériels d'un fluide plus subtil, plongé lui-même dans le milieu transcendant non matériel et interélémentaire de ces corps, et qui lui emprunte à son tour son élasticité. L'existence de ce milieu transcendant, annoncé par Brück sous la forme de la réaction du vide, défini d'une manière mathématique par Maxwell en ce qui concerne les faits électro-magnétiques, est confirmée aussi en partie par les vues les plus fondamentales de Hirn. La thèse de Hirn se confond en fait avec l'idée de Brück, quand on la complète, ainsi que nous l'avons fait, par l'énoncé d'une loi de la force répulsive, et qu'on fait usage pour cela des principes de la thermodynamique. A notre sens, une des tâches de la science actuelle sera la conciliation ou plutôt la synthèse de la théorie de Maxwell et de la théorie de l'éther matériel; elle aura à élucider complètement la question de savoir si un tel éther, plongé lui-même dans un milieu transcendant tel que celui de Brück et de Maxwell, existe dans le milieu interélémentaire et interstellaire. Or, à cet égard, la théorie de physique terrestre que nous avons exposée, — théorie à laquelle sert de criterium le grand fait de la *loi des continents* de Brück, — en dessinant en quelque sorte par le relief du globe le rôle mécanique de la circulation d'un fluide inerte, en établissant qu'il est actuellement dans la science le seul agent connu capable de rendre compte de ce grand fait d'observation, constitue aussi l'un des plus forts arguments en faveur de l'existence de l'éther matériel. Ce trait montre dans quel sens nous étions autorisé à dire que la connaissance du globe comme système organisé, et notamment la loi quadrangulaire de Brück, sont de nature à influer sur la direction des idées, même en ce qui concerne les principes premiers de la physique.

(28) *Étude*, etc., §§ 411 et suiv.; et CIEL ET TERRE, huitième année, 1887-1888, p. 345, *Une réflexion au sujet de la conception purement mécanique de l'Univers*.

Quelques réflexions sur l'évolution des sciences physiques et sur le rôle de l'hypothèse; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Si l'on jette un regard sur le domaine intellectuel de l'humanité, l'attention est immédiatement appelée sur les subdivisions qu'il comporte.

Les sciences, les arts et les lettres semblent constituer trois parts de l'intellectualité, lesquelles, pour beaucoup, sont si distinctes, que l'idée d'un rapport quelconque paraît devoir être écartée. Si certains rapprochements apparaissent comme possibles entre les arts et les lettres, la science, à la physionomie d'apparence sévère, semble constituer l'antithèse de la conception artistique.

A notre avis, rien ne justifie pareille distinction.

D'abord, ces trois ordres d'idées n'ont en réalité qu'un but unique, celui de la contemplation de la nature. La forme seule varie. Le littérateur tâche de montrer par exemple, à son lecteur, un caractère humain, tel qu'il l'observe, au même titre que l'homme de science décrit les faits qu'il constate, et il serait aisé de discuter longuement sur les nuances qui différencient ces deux ordres de constatations. Le peintre et le sculpteur, encore, s'adressent à l'observation et à l'interprétation de la nature; la musique, enfin, dont l'expression est peut-être la plus sublime, reproduit avec une précision remarquable les sensations et les sentiments qu'aucun langage humain ne serait capable d'exprimer.

De même que les arts et les lettres, les sciences ont donc pour but d'interpréter la nature, d'exprimer des vérités. Le mode d'observation et le mode d'expression seuls diffèrent.

Est-il nécessaire d'ajouter que toutes ces manifestations de l'intellectualité provoquent l'enthousiasme de celui qui s'en pénètre. Ainsi Voltaire, chantant la gloire de Newton, ne va-t-il pas jusqu'à dire :

> Confidents du Très-Haut, substances éternelles,
> Parlez, du grand Neuwton, n'étiez-vous point jaloux ?

Ce sentiment d'enthousiasme n'est-il pas comparable à celui de Michel-Ange qui, frappant du marteau le genou de son *Moïse*, dit : « Vis donc ! »

Mais, me dira-t-on peut-être, il s'agit ici des grandes manifestations de la science; il n'appartient pas à tout le monde de faire des découvertes comparables à celles de Newton. Sans aucun doute, de même qu'il n'appartient pas à tout le monde d'exécuter des tableaux comparables à ceux de Rubens ou de Fra Angelico; mais il n'en est pas moins vrai qu'une délicate aquarelle nous charme délicieusement, plus particulièrement encore, si nous en sommes l'auteur. De même, lorsque l'observation de la nature nous a permis de lever un coin, quelque petit qu'il soit, du voile qui la cache, nous éprouvons un plaisir du même ordre.

Les sciences physiques n'ont pas pour but essentiel de servir les sciences d'application, de même que les mathématiques pures n'ont pas pour but de servir les sciences physiques ; ces sciences existent pour elles-mêmes.

Lorsque le contraire a lieu, on peut s'en applaudir, ces circonstances se produiront nécessairement, mais ce n'était pas le but poursuivi.

La production d'un travail de mathématiques pures ou de physique, de même qu'un tableau ou un opéra, a pour but exclusif de procurer une satisfaction à nous-mêmes, ainsi qu'à un certain nombre de nos semblables. Dans le sens le plus élevé, le plaisir immédiat que nous éprouvons en nous satisfaisant, ou médiat en satisfaisant nos semblables, est du reste le seul mobile rationnel d'un acte quelconque de l'homme.

Ajoutons que nous avons cette conviction profonde, à l'honneur de l'humanité, que les grands progrès de la science n'ont pas été le résultat d'un intérêt matériel ni même d'un intérêt d'amour-propre.

L'histoire des sciences ne nous montre-t-elle pas, en effet, que beaucoup de promoteurs d'idées nouvelles, au lieu d'en retirer quelque avantage, ont été l'objet du mépris ou du ridicule de leurs contemporains. Galvani, faisant mouvoir les membres de grenouilles mortes en découvrant le courant électrique, était assimilé dans sa ville natale à quelque farceur qui s'amuserait à faire danser des marionnettes.

Je pourrais continuer longtemps ces citations (1). Elles démontrent, en général, que les hommes, quelque intellectuels qu'ils puissent être, ont une tendance à se constituer en collectivités, dont la manière de penser a été désignée sous le nom de classique. Celui qui s'en écarte

---

(1) Ceux qui s'intéressent à ces questions liront avec intérêt les premiers chapitres du livre de Flammarion intitulé : *L'Inconnu*.

peut espérer trouver quelque satisfaction pour lui-même, par cela qu'il a la conscience de rechercher la vérité pour elle-même, mais c'est là souvent le seul résultat assuré.

S'il est intéressant d'examiner la place qu'il convient d'assigner à la science dans le travail de l'humanité, il n'est pas moins curieux de rechercher les lois qui ont présidé à son évolution. En se reportant à la plus haute antiquité, on remarque que les premières notions appartenant à la chimie ou à la physique ont pour objet un intérêt d'ordre purement pratique, tel que celui de l'agriculture.

Ce n'est en réalité que sous l'impulsion de la civilisation grecque que le raffinement intellectuel se développe au point d'amener le désir de savoir, dans le but exclusif de satisfaire cette tendance. C'est vraisemblablement à la création de l'École de Milet qu'il faut reporter le berceau de la science proprement dite, de la philosophie naturelle. C'est alors seulement aussi que la science a pu prendre rang à côté des arts et des lettres.

Ces derniers, comme on le sait, ont souvent été divisés par des esprits de tendance très variables, capables d'amener parfois des débats violents. Qu'il suffise de citer, à titre d'exemple, la lutte bien connue des classiques et des romantiques. Mais beaucoup de personnes ignorent que cette situation existe dans le domaine des sciences, bien que d'une manière moins apparente.

Les physiciens peuvent se diviser en deux grandes classes. Ceux pour lesquels le but final de ces sciences se réduit à un classement méthodique des faits ou, en d'autres termes, se réduit à trouver une expression mathématique permettant de déduire ces faits les uns des autres, tout en évitant l'introduction d'une hypothèse

quelconque, ou tout au moins, si elle est introduite, elle ne joue qu'un rôle secondaire, celui de faciliter le langage.

Les sciences physiques entrent dès lors dans un ordre d'idées absolument rigoureux : l'observation des faits et les conséquences immédiates et rigoureuses de ceux-ci.

La deuxième école à laquelle appartiennent ceux que l'on pourrait désigner sous le nom de philosophes naturalistes, se propose un but plus élevé. On peut la résumer en disant que ses partisans observent les faits afin de rechercher leur cause *probable* et afin de remonter autant que possible à la nature intime de la *substance* et des effets qu'elle détermine.

Fresnel, l'auteur de la théorie de la lumière, peut être considéré comme le modèle de cet ordre de chercheurs.

Il est aisé de comprendre le dissentiment que doivent faire naître ces deux conceptions des choses de la science :

La première ayant pour elle la sûreté absolue de la méthode, mais renonçant à tout jamais à se faire un tableau quelconque de la réalité. La deuxième déduisant, de l'observation des faits, des conclusions qui pourront tendre indéfiniment vers la certitude sans jamais pouvoir l'atteindre.

Cependant, comme on le voit, quelles que puissent être ces divergences, les faits constituent toujours la base de toute science.

Un homme des plus éminents de notre époque, M. Poincaré, a émis cette opinion : « Il est oiseux de chercher à se représenter dans tous ses détails le mécanisme des phénomènes électriques, il suffit de montrer

que ces phénomènes obéissent aux lois générales de la mécanique. »

La pensée de ce savant le rattache immédiatement à la première école. Il est *oiseux*, dit-il, de chercher à se représenter le mécanisme des phénomènes électriques. Pourquoi cela? Car enfin il est certain que si M. Poincaré avait pu imposer cette manière de voir à l'époque de Fresnel, la théorie de la lumière n'aurait jamais vu le jour. Et si l'hypothèse des ondulations de l'éther a conduit à des conclusions du plus haut intérêt, pourquoi l'étude d'autres mouvements de cette substance ne conduirait-elle pas à des conclusions aussi intéressantes au point de vue électrique ou autre?

Les propositions suivantes méritent non moins d'être discutées : « Si l'on peut imaginer, dit-il, un mécanisme, on pourra en imaginer une infinité d'autres... » Puis : « La possibilité d'une explication mécanique est certaine et l'on n'est arrêté que par la difficulté de choisir entre toutes les solutions que le problème comporte. »

Si l'abondance des solutions capables de rendre compte des phénomènes électriques était si considérable (ce qui ne paraît pas à première vue!) et si réellement ces solutions existaient, il n'y aurait qu'un parti à prendre : les formuler toutes sans chercher d'abord à choisir entre elles. Dans ces conditions, il n'est pas douteux que la mise en évidence de ces possibilités ne suscite de nouvelles recherches expérimentales, lesquelles progressivement élimineraient plusieurs de ces hypothèses pour nous rapprocher de la vérité.

Cette conception des choses de M. Poincaré ne paraît pas vraisemblable. Éclairons-nous en prenant pour base les faits, c'est-à-dire l'histoire des sciences.

Ne voyons-nous pas, par exemple, d'une part, les théories de la chimie évoluer rapidement au commencement de ce siècle et aboutir à la théorie atomique, laquelle ne subit plus de modification sensible depuis environ un demi-siècle? D'autre part, la théorie de l'émission de Newton n'a-t-elle pas cédé la place à la théorie de la vibration actuellement stable, d'abord sous la forme d'oscillations éthérées, ensuite sous la forme d'oscillations électriques? Lorsque nous substituons l'oscillation électrique à l'oscillation éthérée, cela veut dire que le mouvement éthéré de Fresnel comporte non seulement l'oscillation simple, mais, grâce au principe de la superposition des petits mouvements, également le mouvement électrique. Et ce dernier est aussi intéressant à définir que le premier.

Quel que puisse être le degré de cécité volontaire que beaucoup de physiciens s'imposent en substituant aux mots « éther en mouvement » le mot *vecteur*, il répugnera toujours d'admettre que l'énergie puisse se transmettre sans l'intermédiaire d'un milieu réel en mouvement.

La conception mécanique de l'univers sera toujours le terme final des sciences physiques. Cette conception est nécessaire, car sa négation implique, comme conclusion, l'introduction dans la science d'un agent différent de l'ordre matériel des choses. Lorsque nous émettons des doutes sur l'existence d'une substance matérielle, déterminant l'action attractive des corps à distance, nous lui substituons fatalement l'action d'un agent immatériel.

Les partisans de l'école de M. Poincaré ne peuvent échapper à ce dilemme : ou bien l'univers tel que nous le voyons est exclusivement matériel, et alors il doit être régi par un mécanisme quelconque, ou bien il en est

autrement, et alors l'univers est au moins en partie régi par des manifestations immatérielles.

Avant d'entrer dans cette dernière voie, il faut au moins s'être assuré par tous les moyens possibles que la première conduit à l'absurde. Mais s'il en était ainsi, si, en d'autres termes, l'*évolution tacite* mais certaine qui s'effectue en ce moment aboutissait à terme, elle aurait pour conséquence une espèce de spiritualisme positiviste embrassant l'univers tout entier, opinion du reste déjà nettement formulée par l'illustre physicien Hirn.

Cette digression terminée, observons encore que la manière de voir de M. Poincaré, relative à la possibilité de la conception d'une infinité d'hypothèses, aurait pour résultat de multiplier ces hypothèses dans le temps avec une effrayante rapidité. Or nous pouvons dire que le nombre des hypothèses, exprimé en fonction du temps, tend vers une limite et ne comporte nullement un accroissement indéfini, ainsi que l'implique la pensée de l'illustre mathématicien.

J'ai fait pressentir qu'il était plus exact de dire que les hypothèses *évoluent* au lieu de dire qu'elles se succèdent. En effet, il est rare de rencontrer dans l'histoire des sciences une hypothèse absolument fausse. Elles renferment presque toutes une part de vérité. Ainsi, lorsque Newton a voulu expliquer la lumière par la théorie de l'émission, cette hypothèse était en partie vraie, car elle impliquait cette vérité que la lumière est le résultat d'un mouvement. La nature de ce mouvement seule ne correspondait pas à la réalité.

Le procédé de la première école ne peut jamais amener qu'à la conception d'expériences se rattachant immédiatement au domaine connu des sciences.

Au contraire, la conception de possibilités *vraies* ou *fausses* amènera le chercheur à la découverte de faits entièrement inattendus, lesquels pourraient être assimilés à des îles éparses dans l'océan de l'inconnu, mais appelées à se rattacher plus tard au continent de nos connaissances.

Nous pouvons nous demander maintenant s'il est utile d'appeler l'attention sur ces possibilités, sur ces vues conjecturales, destinées à provoquer l'expérimentation. Il nous paraît utile de le faire dans une certaine mesure. C'est la voie que nous nous sommes tracée. Nous avons malheureusement eu l'occasion de constater que beaucoup de personnes se sont méprises sur nos intentions, interprétant mal notre thèse, et s'imaginent qu'il s'agirait de considérer une conjecture à l'égal d'un roc inébranlable; le temps seul est capable de consacrer la valeur d'une hypothèse. Cette méprise a eu parfois pour résultat de déterminer une croyance plus regrettable encore, d'après laquelle les faits nouveaux qui accompagnent une conjecture ne présenteraient guère plus de solidité.

Afin de nous faire comprendre par un exemple, voici l'évolution de notre pensée au sujet d'une manifestation de l'énergie que nous avions désignée sous le nom d'*infra-électrique*.

Des expériences photographiques nous avaient démontré que des plaques sensibles, soumises dans des conditions particulières à l'action d'une radiation, étaient envahies par une substance qui produisait le même résultat que si un liquide s'était étendu sur leur surface. Ce fait incontestable, mais qui, par suite de circonstances qui nous sont restées cachées, a souvent été d'une reproduction difficile et capricieuse, nous avait engagé à

admettre une nouvelle manifestation de l'énergie, une forme particulière de l'énergie électrique.

Nous avions, en effet, montré que l'électricité est capable de produire des impressions photographiques indépendamment de tout phénomène lumineux.

D'autre part, il y a un certain nombre d'années déjà, Bjerkness fit connaître des expériences remarquables reproduisant en hydrodynamique des phénomènes attractifs et répulsifs comparables à ceux de l'électricité statique. Elles conduisent à admettre que les choses se passent comme si une surface électrisée était une surface pulsante.

On pouvait conclure de cette manière de voir que, une pulsation étant caractérisée par son amplitude et par le temps de pulsation, il devait exister une infinité d'énergies électriques statiques, de même que cela se produit pour la lumière. Deux conducteurs chargés statiquement d'électricités de même nom, au même potentiel, ne doivent donc pas nécessairement être identiques.

Dans cette hypothèse, l'énergie dont nous avions reconnu l'existence, n'aurait été autre chose qu'une espèce d'électricité étant à l'électricité proprement dite ce que la chaleur rayonnante est à la lumière.

D'autre part, nous avions remarqué des vitesses de décharge plus grandes pour l'électricité positive de la machine de Holtz que pour l'électricité positive de la machine de Ramsden. M. H. Dufour, de Lausanne, a repris cette expérience et croit devoir attribuer ce résultat à une particularité d'un ordre différent. Mais de nouvelles expériences devront être entreprises.

Cependant cette hypothèse, basée sur l'expérience de

Bjerkness, ne semble pas tenir ce qu'elle promettait. Elle rend difficilement compte des caractères différents des deux électricités. De plus, la manifestation que nous avions désignée sous le nom d'*infra-électricité* paraît devoir se rattacher à un ordre de choses tout à fait différent.

Les phénomènes électriques, d'une part, paraissent avoir pour origine un mouvement tourbillonnant. La tendance à admettre cette manière de voir n'exclut du reste pas nécessairement la possibilité de l'existence de plusieurs électricités statiques.

D'autre part, nous avons repris le système de l'émission de Newton. Dans cette conception, tous les foyers d'ébranlement de l'éther, au lieu de se borner à produire des mouvements oscillatoires, détermineraient également des projections de cette substance, auxquelles il faudrait rattacher les phénomènes cathodiques et les rayons X.

Recherchant les conséquences de cette hypothèse, nous avons été conduit à interpréter une série de faits que nous avions observés antérieurement, notamment la variation de la vitesse de la décharge avec la longueur des lignes de force, et à prévoir une série d'autres faits, dont le plus marquant est celui de la réalisation des lignes géométriques prévues par la projection des fluides, expériences qui ont toujours vivement frappé ceux qui en ont été témoins.

La constatation de ces faits positifs, auxquels nous n'aurions pu être conduit si nous avions appartenu à la première école, démontre que la méthode intuitive ou conjecturale peut constituer un procédé efficace pour la recherche de la vérité.

Nous venons de parler d'*évolution* de la science. De même que pour un navire bien organisé, cette évolution doit se faire aisément, la direction de la marche étant constamment indiquée par l'observation des faits.

Pour ce qui concerne la science, il importe que cette facilité d'évolution ne soit pas uniquement l'apanage de l'espèce, mais des hommes de science considérés individuellement.

J'insiste sur cette opinion, car elle est généralement méconnue et contraire à la réalité.

Combien souvent ne voit-on pas des hommes de mérite s'attacher désespérément à une doctrine ou à une manière de voir, devenue insoutenable, par la seule raison qu'ils l'ont émise ou soutenue, s'entêtant jusqu'à rejeter des faits d'observation absolument évidents, et refusant même de les voir?

Cette étonnante manifestation se produit notamment à ma connaissance en ce qui concerne l'étude du point critique. A la température critique, la masse tout entière de vapeur et de liquide est susceptible de prendre la même densité, mais à la condition expresse d'établir le mélange à l'aide d'un agitateur, ou de laisser cette masse en repos pendant un certain temps. Or une nombreuse classe de physiciens *entend* ne pas voir ce qui se passe lorsque le mélange n'est pas produit, suivant l'expression naïve d'un des membres du dernier jury décennal. Pour beaucoup de physiciens, certains états doivent seuls être pris en considération. Les états instables notamment ne méritent aucun examen, par cela qu'ils ne sont pas reliés à la théorie adoptée.

Cette manière de considérer les choses est aussi étrange

que si, par impossible, les chimistes refusaient de s'occuper des explosifs par la seule raison que ceux-ci ne recevraient pas une interprétation convenable par une théorie à la mode.

Ne serait-il pas désirable d'inculquer cette pensée, que s'il est toujours regrettable d'émettre une hypothèse en opposition avec les faits connus, c'est-à-dire de faire preuve d'ignorance ou encore de signaler un fait inexact, il est au contraire de la plus haute utilité de signaler une hypothèse possible, étayée par un groupe de faits et capable de provoquer de nouvelles observations?

Mais il n'est pas moins utile que le promoteur d'une hypothèse l'abandonne ou la modifie éventuellement sur l'indication de faits nouveaux. C'est la constante approximation de l'hypothèse à l'observation qui détermine l'évolution, le progrès.

Celui qui aborde un ordre d'idées entièrement nouveau, est semblable au voyageur explorant un pays inconnu. Il observe le mieux possible ce qu'il rencontre autour de lui; il n'en est pas moins vrai que souvent, se croyant sur le bon chemin, il aboutira à un marécage. Si, dans ces conditions, il persistait dans sa direction, il ne tarderait pas à se repentir de pareille folie. Mais plus insensé encore serait celui qui, lisant le récit du voyage, mépriserait le voyageur qui a été obligé de modifier sa route qui paraissait bonne à première vue, ou encore le critiquerait d'avoir entrepris ce voyage.

Tel est cependant le spectacle auquel nous assistons chaque jour dans le domaine des sciences. Lorsqu'un chercheur se propose de faire quelque pérégrination scientifique, on l'engage à ne pas s'occuper de *sujets*

scabreux, de peur qu'il ne soit obligé, dans le cours du voyage, de changer de route, de se tromper; ce qui arrivera presque nécessairement si le sujet est entièrement inexploré.

L'orgueil humain est souvent intéressant à observer, mais ici on peut dire qu'il devient grotesque.

Ceci nous amène au jugement qui, selon nous, doit être porté sur le récit de ces voyages aux régions inconnues.

Il paraît que des voyageurs anciens ont rapporté que, dans le cours de leurs excursions extraordinaires, ils avaient rencontré des hommes porteurs de têtes de chiens et peut-être de têtes d'autres animaux. De pareils récits étaient sans doute faits pour exciter le plus vif intérêt, mais avaient l'inconvénient d'être une agréable plaisanterie. Pour l'honneur de la collectivité des hommes de science, je puis ajouter qu'aucun fait de cette espèce n'est parvenu à ma connaissance dans l'ordre d'idées qui nous occupe.

Et, s'il en est ainsi, on doit profondément regretter que des hommes, ayant une notoriété scientifique, se soient laissé aller à soupçonner des chercheurs d'utiliser une malhonnêteté aussi dénuée de profit.

Des exemples de semblables soupçons sont cependant nombreux; qu'il me suffise d'en citer un : un des physiciens les plus connus de l'époque me raconta un jour qu'ayant présenté à une société savante la photographie d'un appareil en métal ayant servi à ses expériences, on répandit le bruit que cet appareil n'avait rien de réel et qu'il avait été construit en bois.

Quelle est la cause de ces singulières manifestations?

On serait presque tenté de croire qu'on doit la rapporter à l'envie.

Cependant, ici une question se pose. Faut-il avoir une confiance illimitée à la lecture d'un travail? Évidemment non. Lorsqu'il s'agit de l'observation d'un fait, celle-ci a son *poids*, qui dépend de l'habileté de l'observateur. La valeur de ce dernier entre ici en première ligne. Lorsqu'il s'agit d'une doctrine émise par un homme de haute valeur, on pourra admettre avec certitude qu'elle est adéquate aux faits que nous connaissons à ce moment, mais jamais que cette doctrine est inébranlable.

L'autorité est la première condition de stabilité d'une société, mais on peut dire que, amenée sur le terrain scientifique, elle est le plus sûr agent d'anéantissement de tout progrès, par cela qu'elle amène l'homme à croire aveuglément ce qu'on lui dit. C'est pour avoir obéi à ce sentiment d'asservissement que la science est restée rigoureusement stationnaire pendant les quinze premiers siècles de notre ère. Aristote avait dit : cela suffisait. Les petits Aristotes sont malheureusement encore nombreux à cette époque.

Tout homme qui s'est donné pour mission d'étudier une question scientifique, doit avoir assez de dignité pour examiner le sujet dont il s'occupe pour lui-même, indépendamment de toute autre considération. Sans doute, ce n'est qu'après un examen approfondi qu'il est permis de contester une doctrine reçue. Mais si cet examen aboutit à semblable résultat, l'homme de science a le devoir de formuler sa pensée, sans tenir aucun compte de la valeur de l'homme ou de la collectivité d'hommes qu'il combat.

Il est encore une tendance dont il faut se défendre : la croyance à l'invraisemblable, car « l'invraisemblable peut parfois être vrai », comme l'a dit Boileau.

S'il est permis de ne pas tenir compte d'une théorie qui ne serait basée sur aucun fait, il en est tout autrement des faits eux-mêmes que l'on n'invente pas par simple plaisir.

On pourrait, à vrai dire, admettre qu'ils sont le résultat d'erreurs d'expérimentation ou d'observation; mais si la réalité du fait présente une certaine importance, rien n'est plus préjudiciable au progrès que de le rejeter à priori. Il devrait au moins être pris pour notification et, si possible, revérifié.

Ces négations intempestives sont fréquentes dans l'histoire de la science. Il suffira de dire qu'il en a été ainsi de la chute des météorites, de la foudre globulaire et d'une infinité d'autres choses.

En terminant, il me paraît utile de mettre le doigt sur un préjugé assez curieux : l'analyse mathématique constitue sans aucun doute un instrument puissant permettant de déduire avec rigueur les conséquences des prémisses que l'on se pose. De même qu'il existe des langues diverses permettant d'exprimer la pensée avec une précision plus ou moins grande, de même existe l'analyse la plus précise des langages scientifiques. Mais il serait évidemment erroné de croire que toutes les pensées exprimées à l'aide d'une langue précise deviennent par cela même l'expression de la vérité.

Cette croyance singulière est cependant plus fréquente qu'on ne le pense.

Il existe beaucoup de personnes qui sont plus disposées à admettre une théorie, uniquement parce qu'elle est

formulée en langage mathématique. Pour eux, ces symboles acquièrent quelque chose de mystique, et l'erreur formulée par ce procédé est plus tenace que n'importe quelle autre.

La difficulté plus ou moins grande de compréhension qui accompagne généralement ce langage et le mystère qui s'ajoute à certains coefficients, dont il est parfois impossible de débrouiller la signification physique, présentent pour certaines natures un charme particulier.

J'ai cru utile de faire connaître en ces lignes des pensées qui, mises en pratique, me paraissent appelées à accentuer le progrès des sciences physiques. Il m'a paru également intéressant d'exprimer des desiderata qui relèvent plus spécialement du caractère des hommes.

Quelle que puisse être l'opinion d'autres hommes de science à cet égard, il serait à souhaiter que les questions d'école fussent discutées, et qu'au besoin des revues même prissent à cœur de représenter chacune de ces tendances.

L'avenir seul pourra permettre de décider laquelle acquerra une supériorité incontestable.

Ainsi que nous l'avons dit, elles ont toutes deux des qualités et des inconvénients.

Nous avons essayé de nous éclairer à la lueur des faits saillants de l'histoire des sciences, mais, il faut bien le dire, cette histoire est encore de date récente, si l'on excepte les faits anciennement connus.

Il se passera peut-être des siècles encore avant qu'on puisse tracer la voie avec certitude, et les tendances d'alors seront peut-être aussi différentes des tendances actuelles, que la science moderne diffère de la philosophie ancienne.

M. le Secrétaire perpétuel proclame de la manière suivante les résultats des concours et des élections :

CONCOURS ANNUEL DE LA CLASSE (1900).

—

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

Un mémoire portant comme devise une constatation énoncée par Moissan : *Nos connaissances sur les composés organiques du fluor sont très limitées,* a été reçu en réponse à la question suivante :

On demande de compléter, par des recherches nouvelles, l'étude des dérivés carbonés d'un élément dont les combinaisons sont encore peu connues.

La Classe, adoptant les conclusions des rapports de ses commissaires, a décerné sa *médaille d'or,* d'une valeur de *six cents francs,* à l'auteur de ce travail, M. Frédéric Swarts, répétiteur de chimie générale à l'Université de Gand.

—

SCIENCES NATURELLES.

Un mémoire portant la devise : *Quot capita, tot census,* a été reçu en réponse à la question suivante :

Existe-t-il un noyau chez les Schizophytes (Schizophycées et Schizomycètes)? Dans l'affirmative, quelle est sa structure et quel est son mode de division?

La Classe, adoptant les conclusions des rapports de

ses commissaires, a décerné sa *médaille d'or*, d'une valeur de *six cents francs*, à l'auteur de ce travail, M. Jean Massart, professeur à l'Université de Bruxelles, assistant à l'Institut botanique.

PRIX ÉDOUARD MAILLY.

Deuxième période (1896-1899).

Ce prix, d'une valeur de *mille francs*, a été fondé par M. Éd. Mailly, ancien membre de la Classe, pour être décerné au Belge qui aura fait faire quelques progrès à l'astronomie ou qui aura contribué à répandre le goût de cette science dans le pays.

Sur la proposition du jury, le prix pour la deuxième période (1896-1899) est décerné à M. Fernand Jacobs, fondateur de la *Société belge d'astronomie*.

ÉLECTIONS.

Depuis ses dernières élections, la Classe avait à remplacer comme *associé* M. Eugène Beltrami, décédé à Rome, le 19 février 1899, et comme *correspondant* M. E. Vanlair, élu membre titulaire le 16 décembre de la même année.

Elle a élu :

Associé de la Section des sciences mathématiques et physiques, M. Ernest Cesàro, professeur à l'Université de Naples.

Correspondant de la Section des sciences naturelles, M. Émile Laurent, professeur à l'Institut agricole de l'État à Gembloux.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Mansion (*P.*) et *Neuberg* (*J.*). Mathesis, recueil mathématique à l'usage des écoles spéciales et des établissements d'instruction moyenne, 2e sér., tomes VII et IX. Gand-Paris, 1897-1899; deux vol. in-8°.

Vanlair (*C.*). La main psychologique. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (46 p.).

Laurent (*Émile*). Essais relatifs à la dispersion du gui en Belgique. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (8 p.).

— Sur l'origine des variétés panachées chez les plantes. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (4 p.).

— Expériences sur la greffe de la pomme de terre. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (6 p.).

— Nouvelles expériences sur la greffe de la pomme de terre. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (6 p.).

Van den Bossche (*Léon*) et *De Wildeman* (*Ém.*). Icones selectae horti Thenensis. Iconographie de plantes ayant fleuri dans la collection de M. Van den Bossche, avec descriptions et annotations par Émile De Wildeman, tome Ier, fasc. 6-8. Bruxelles, 1900; in-8°.

Ministère de l'Agriculture. Rapports des Commissions médicales provinciales sur leurs travaux pendant l'année 1899.

Ministère de l'Industrie et du Travail. Carte géologique de la Belgique au 40 000e, 9e envoi : feuilles de Jehay-Bodegnée-Saint-Georges, Fléron-Verviers, Gouy-lez-Piéton-Gosselies, Fleurus-Spy, Tavier-Esneux, Sart-Baraque-Michel-Petit-Bongard, Binche-Morlanwelz, Stavelot-Francheville, Bra-Lierneux, Hotton-Dochamps, Limerlé-Reckeler, Olloy-Treignes, Felenne-Vencimont, Pondrome-Wellin,

Macquenoise-Forge-Philippe, Moulin-Manteau-Moulin-de-Chestion.

LOUVAIN. *La Cellule*, recueil de cytologie et d'histologie générale, tome XVII, 2e fascicule. 1900.

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

Haeckel (*Ernst*). Kunstformen der Natur, fünfte Lieferung. Leipzig, 1900; in-4°.

Edelmann (*Th.*). Helmholtz' Pendelunterbrecher. Leipzig, 1900; extr. in-8° (10 p.).

— Einige Bemerkungen über die Herstellung von Präcisions-Rheostaten und -Brücken. Munich, 1900; extr. in-8° (3 p.).

— Elektromagnete zum Experimentalgebrauch. Munich, 1900; extr. in-8° (2 p.).

LEIPZIG. *Fürstlich Jablonowski'sche Gesellschaft*. Preisschriften, n° XXV der mathematisch-naturwissenschaftliche Section. 1900.

FRANCFORT-SUR-MAIN. *Physikalischer Verein*. Jahresbericht, 1898-1899.

INNSBRÜCK. *Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg*. Zeitschrift, 44. Heft. 1900.

MUNICH. *Botanische Gesellschaft*. Berichte, Band VII, 1900.

METZ. *Académie des lettres, sciences, arts*. Mémoires, 1897-1898.

—

FRANCE.

Renault (*Bernard*). Notice biographique sur A. Milne-Edwards. Autun, 1900; extr. in-8° (36 p., portrait).

Dufet (*H.*). Recueil de données numériques. Optique, 3e fascicule. Paris, 1900; in-8°.

—

OTTAWA. *Royal Society*. Proceedings and Transactions, vol. V, 1899.

LONDRES. *Institution of civil engineers*. Minutes of proceedings, vol. CXLII, 1900.

—

ITALIE.

Calandruccio (*Sauveur*). Unicuique suum, prof. J.-B. Grassi! Note préliminaire. Rome, 1900; in-8° (7 p.).

Francesco (*Domenico de*). Alcuni problemi di meccanica in uno spazo a tre dimensioni di curvatura costante, memoria II. Naples, 1900; extr. in-4° (33 p.).

Stiattesi (*D. Raffaello*). Spoglio delle osservazioni sismiche, dal 1° novembre 1899 al 31 ottobre 1900. Mugello, 1900; in-8° (62 p.).

PISE. *Società toscana di scienze naturali*. Atti-Memorie, vol. XVII. 1900.

MILAN. *Real Osservatorio di Brera*. Pubblicazioni, n° XXXIX. 1900; in-4°.

—

PAYS DIVERS.

Hepites (*Stefan-C.*). Album climatologique de Roumanie. Bucarest, 1900; in-plano oblong (25 pl).

— Régime pluviométrique de Roumanie. Bucarest, 1900; in-4° (75 p. et 8 cartes).

— Organisation du service météorologique de Roumanie. Bucarest, 1899; in-4° (70 p., 36 pl. et une carte).

Gautier (*R.*), *Riggenbach* (*A.*) et *Wolfer* (*A.*). L'éclipse totale de soleil du 28 mai 1900. Genève, 1900; extr. in-8° (33 p.).

TRONDHJEM. *Kongel. norske videnskabers Selskab*. Skrifter, 1899.

BERGEN. *Museum*. Aarbog, 1900.

CHRISTIANIA. *Meteorologisches Institut*. Jahrbuch für 1899; in-4°.

UTRECHT. *Nederlandsch gasthuis voor ooglijders*. Jaarverslag, n° 41. 1900.

MANILLE. *Osservatorio*. La actividad séismica en el archipiélago Filipino, durante 1897. 1899; in-8°.

TACHKENT. *Observatoire astronomique et physique*. Publications n°s 1 et 2. 1899-1900; 2 vol. in-4° et un atlas in-folio.

UPSAL. *Universitet*. Arsskrift. 1899.

L'Académie a reçu en outre, pendant l'année 1900, les revues et les publications suivantes :

Anvers. *Société de médecine. — Société médico-chirurgicale. — Société de pharmacie.*

Bruxelles. *Académie royale de médecine. — Annales de médecine vétérinaire. — Annales des travaux publics. — Association belge de photographie. — Association belge des chimistes. — Bulletin de statistique démographique et sanitaire* (Dr Janssens). *— Ciel et Terre. — Ministères des Affaires étrangères, de l'Agriculture, de l'Intérieur, du Travail. — Moniteur belge. — Moniteur industriel belge. — Observatoire royal. — Presse médicale belge. — Revue de l'Université. — Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, d'astronomie, royale de botanique, d'électriciens, entomologique, de géologie et d'hydrologie, royale malacologique, royale de médecine publique, de microscopie, royale de pharmacie, des sciences médicales et naturelles, scientifique.*

Charleroi. *Société paléontologique et archéologique.*

Gand. *Société de médecine.*

Gembloux. *Station agronomique.*

Huy. *Cercle des sciences et des beaux-arts. — Cercle des Naturalistes.*

Liége. *Écho vétérinaire. — Société géologique de Belgique. — Société médico-chirurgicale.*

Berlin. *Kön. Akademie der Wissenschaften. — Deutsche chemische Gesellschaft. — Geologische Gesellschaft. — Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. — Physikalische Gesellschaft. — Meteorologisches Institut.*

Bonn. *Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westphalens.*

Brême. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Budapest. *Institut royal de géologie. — Académie des sciences.*

Cracovie. *Académie des sciences.*

Francfort-sur-Main. *Senckenberg. naturforsch. Gesellschaft.*

Francfort-sur-Oder. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Göttingen. *Kön. Gesellschaft der Wissenschaften.*

Halle. *Naturwiss. Verein für Sachsen und Thüringen.*

Iéna. *Medizinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft.*

Leipzig. *Archiv der Mathematik und Physik. — Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Zoologischer Anzeiger.*

Munich. *Kön. Akademie der Wissenschaften.*

Prague. *Académie tchèque des sciences. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Société mathématique.*

Strasbourg. *Société des sciences, agriculture et arts.*

Vienne. *Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. — Anthropologische Gesellschaft. — Zoolog.-botanische Gesellschaft. —*

Kais. geologische Reichsanstalt. — Monatshefte für Mathematik und Physik. — Kais. naturhistorisches Hofmuseum. — Zool. botanische Gesellschaft.

Wurzbourg. *Physikal.-medizinische Gesellschaft.*

Universités de Carlsruhe, Fribourg-en-Brisgau, Giessen, Heidelberg, Kiel, Marbourg, Strasbourg, Tubingue et Vienne.

Copenhague. *Institut météorologique. — Société royale des sciences.*

Baltimore. *John Hopkins University.*

Berkeley. *University.*

Boston. *Academy of arts and sciences. — Natural History Society.*

Buenos-Ayres. *Sociedad cientifica Argentina.*

Cambridge. *Museum of compar. zoölogy. — Observatory.*

Chicago. *Field Columbian Museum. — Kenwood Observatory.*

Cordova. *Academia de ciencias.*

Granville. *Denison University.*

Halifax. *Nova-Scotian Institute.*

Ithaca. *Journal of physical chemistry.*

Lincoln. *University of Nebraska.*

Mexico. *Observatorio. — Sociedad de historia natural.*

Montévidéo. *Universidad.*

Mont-Hamilton. *Lick Observatory.*

Montréal. *Natural history Society.*

New-Haven. *Journal of sciences.*

New-York. *Academy of sciences. — Museum of natural history.*

Philadelphie. *Academy of natural sciences. — Franklin Institute. — The american Naturalist. — Philosophical Society. — Historical Society.*

Rochester. *Academy of sciences.*

Saint-Louis. *Academy of sciences.*

Salem. *Essex Institute.*
San-Francisco. *California Academy of sciences.*
Santiago de Chili. *Société scientifique.*
Toronto. *Canadian Institute.*
Washington. *U. S. national Museum.* — *Smithsonian Institution.* — *U. S. Geological Survey.*

Amiens. *Société industrielle.*
Bône. *Académie d'Hippone.*
Bordeaux. *Société des sciences physiques et naturelles.*
Caen. *Société linnéenne.*
Dax. *Société de Borda.*
Le Havre. *Société d'études diverses.*
Lille. *Société géologique du Nord.*
Marseille. *Société scientifique industrielle.* — *Faculté des sciences.*
Montpellier. *Académie des sciences et des lettres.*
Nancy. *Société des sciences.*
Paris. *Académie de médecine.* — *Bulletin scientifique* (Giard). — *École normale supérieure.* — *Journal de l'agriculture.* — *Le Cosmos.* — *La Nature.* — *Le Progrès médical.* — *Ministère de l'Instruction publique.* — *Moniteur scientifique.* — *Museum d'histoire naturelle.* — *Revue générale des sciences.* — *Revue scientifique.* — *Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, astronomique, de biologie, chimique, géologique, mathématique, météorologique, philomatique, zoologique.*
Valenciennes. *Société d'agriculture.*

Adelaïde. *Royal Society of South Australia.*
Birmingham. *Philosophical Society.*
Calcutta. *Asiatic Society of Bengal.* — *Meteorological Department.* — *Geological Survey.*
Cambridge. *Philosophical Society.*
Dublin. *Dublin Society.*
Édimbourg. *Botanical Society.* — *Geological Society.* —

Physical Society. — Royal Society. — Laboratory of the R. College of physicians.

Glascow. *Geological Society.*

Le Cap. *Philosophical Society.*

Londres. *Anthropological Institute. — Royal Astronomical Society. — Chemical Society. — Geological Society. — Institution of mechanical Engineers. — Institute of civil Engineers. — Royal Institution of Great Britain. — Linnean Society. — Mathematical Society. — Meteorological Society. — Royal Microscopical Society. — Nature. — Zoological Society.*

Newcastle-upon-Tyne. *Institute of mining and mechanical Engineers.*

Sydney. *Linnean Society. — R. Society of N. S. Wales.*

Florence. *Società entomologica italiana. — Rivista scientifico-industriale.*

Milan. *Società di scienze naturali. — R. Istituto di scienze.*

Modène. *Società dei naturalisti.*

Naples. *Società Reale.*

Padoue. *Società veneto-trentina di scienze naturali.*

Palerme. *Circolo matematico.*

Parme. *Il nuovo Risorgimento.*

Pise. *Società toscana di scienze naturali. — Il nuovo cimento.*

Rome. *Academia pontificia de Nuovi Lincei. — Comitato di artigliera e genio. — Gazetta chimica. — Ministerio dei lavori pubblici. — Società per gli studi zoologiche.*

Turin. *Academia reale delle scienze.*

Venise. *R. Istituto di scienze.*

Vérone. *Accademia d'agricoltura.*

Amsterdam. *K. Akademie van wetenschappen. — Société mathématique.*

Batavia. *Genootschap van kunsten en wetenschappen. — Natuurkundige Vereeniging.*

Buitenzorg. *Jardin botanique.*

Delft. *École polytechnique.*
Harlem. *Société hollandaise des sciences.*
La Haye. *Entomologische Vereeniging.*
Leyde. *Nederlandsche dierkundige Vereeniging.*

Bucarest. *Institut météorologique.* — *Société des sciences physiques.* — *Ministère de l'Instruction publique.*
Jassy. *Société scientifique et littéraire.*

Dorpat. *Université.* — *Naturforschende Gesellschaft.*
Kazan. *Université impériale.*
Moscou. *Société impériale des Naturalistes.*
Nowa-Alexandrya. *Annuaire géologique et minéralogique.*
Odessa. *Société des Naturalistes.*
Saint-Pétersbourg. *Académie impériale des sciences.* — *Institut impérial de médecine expérimentale.* — *Comité géologique.* — *Jardin impérial de botanique.* — *Société de chimie.* — *Université impériale.*

Christiania. *Société des sciences.* — *Université.*
Stockholm. *Nordiskt medicinsk Archiv.* — *Acta mathematica.* — *Institut royal géologique.* — *Société entomologique.*
Upsal. *Université.*

Genève. *Archives des sciences physiques et naturelles.*
Lausanne. *Société vaudoise des sciences naturelles.*
Zurich. *Naturforschende Gesellschaft.* — *Astronomische Mittheilungen* (Wolf).

Alexandrie. *Institut égyptien.*
Belgrade. *Académie royale des sciences.*
Coïmbre. *Jornal mathematicas* (Teixeira).
Le Caire. *Société khédiviale de géographie.*
Manila. *Observatorio meteorologico.*
Tokyo. *Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens.* — *Imperial University.*

TABLES ALPHABÉTIQUES

Classe des sciences.

1900

TABLE DES AUTEURS.

A

Académie royale de médecine. [Adresse] le programme de ses concours pour 1900-1901, 367.

Académie royale des sciences de Berlin (Le deuxième centenaire de l'); par le chevalier Edm. Marchal, 225. Adresse de félicitations, 247; remercie et fait hommage de son Histoire depuis sa fondation (4 vol.), 330.

Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. Adresse de félicitations à S. M. le Roi au sujet des fiançailles de S. A. R. le prince Albert de Belgique, 454. — Voir *Association internationale des Académies.*

Albert Ier (Prince souverain de Monaco). Hommage d'ouvrages, 652.

Allemagne (*Gouvernement de l'Empire d'*). Hommage des cinq volumes du voyage de la « Gazelle », 650.

Amundsen (*Roald*). Remercie pour la médaille qui lui a été offerte par la Classe des sciences, 651.

Anspach (*L.*). Hommage d'ouvrage, 368.

Arctowski (*H.*). Sur les sédiments rapportés par la « Belgica » (*Mémoires*), 461.

Association internationale des Académies. Affiliation de la Classe des sciences, 223. — Compte rendu sommaire des deux premières séances du Comité; par Ch. Lagrange, 575. — Appel aux membres pour les questions à soumettre à l'Association, 576, 580. — Réunion du Comité à Paris (exemplaires du compte rendu offerts par M. G. Darboux), 879. — Question soulevée par M. Marey d'uniformiser les méthodes employées en physiologie, 880.

B

Bambeke (*Ch. Van*). Hommage d'ouvrages, 574, 652. — Note bibliographique : voir *Schuyten* (*M.-C.*). — Rapports : voir *Fredericq* (*L.*); *Massart* (*J.*).

Barbarin (*P.*). Études de géométrie analytique non euclidienne (*Mémoires* in-8°, t. LX). Rapports de MM. Mansion, De Tilly et Le Paige, 28, 42, 459.

Bastin (*V.*). Sur l'induction électro-statique. (Lecture du rapport de MM. Van der Mensbrugghe et De Heen), 25.

Beaupain (*J.*). Sur une classe de fonctions qui se rattachent aux fonctions de Jacques Bernoulli (*Mémoires des savants étrangers* in-4°, t. LIX). Rapports de MM. J. Deruyts, Ch.-J. de la Vallée Poussin et Neuberg, 255, 257.

Beltrami (*Eug.*). Décès, 142.

Beneden (*Éd. Van*). Rapports : voir *Damas* (*D.*) et *Selys Longchamps* (*Marc de*); *Fredericq* (*L.*); *Kœhler* (*A.*); *Krause* (*R.*) et *Philippson* (*M.*).

Bommer et *Rousseau* (MMmes). Note préliminaire sur les champignons recueillis par l'Expédition antarctique belge, 640; avis de MM. Crépin et Errera, 459.

Bouché (*Eug.*). Hommage d'ouvrages, 575.

Brachet (*A.*). Sur l'emploi du nickel pour les paratonnerres. Dépôt aux archives après avis de M. De Heen, 789.

Brialmont (*A.*). Hommage d'ouvrage, 783. — Rapport sur la deuxième période du Prix Édouard Mailly, 1009. — Réélu membre de la Commission spéciale des Finances, 882. — Rapport : voir *Lavachery* (*R.*).

Bullot (*G.*). Sur la physiologie de l'épithélium cornéen. Imperméabilité relative à l'oxygène, 887; rapports de MM. L. Fredericq et J.-B.-V. Masius, 793, 794.

C

Callebaut (*Prosp.*). Dépose un pli cacheté, 21.

Cesàro (*Ern.*). Élu associé, 1112.

Cesàro (*G.*). Sur les moments d'inertie des polygones et des polyèdres. — Méthode géométrique pour la recherche de leur

valeur (*Mémoires* in 4°, t. LIV); rapports de MM. Neuberg, De Tilly et Le Paige et note de M. Neuberg, 332, 334. — Perpendiculairement à un axe de symétrie, existe-t-il toujours une face possible, c'est-à-dire satisfaisant à la loi de rationalité? Un axe de symétrie est-il toujours une arête possible? 162.

Chauffard. Annonce que le XIIIe Congrès international de médecine se tiendra à Paris du 2 au 9 août 1900, 21.

Clautriau (feu *G.*). Hommage, par M. Errera, de son ouvrage sur les alcaloïdes végétaux, 652.

Cocchi (*Igino*). Hommage d'ouvrages, 368, 652.

Comberousse (*Ch. de*). Hommage d'ouvrage, 575.

Crépin (*Fr.*). Réélu délégué auprès de la Commission administrative, 360. — Réélu membre de la Commission spéciale des finances, 882. — Notes bibliographiques : voir *De Wildeman* (*Ed.*); *Durand* (*Éd.*). — Rapports : voir *Bommer* et *Rousseau* (MM^mes); *De Wildeman* (*Ed.*); *Gillot* (*H.*).

Croegaert (*Éd.*). Sur la configuration superficielle de notre globe. Dépôt de cette note aux archives après avis de MM. Renard et Lancaster, 883.

D

Damas (*D.*). Recherches sur le développement post-embryonnaire de l'organisation de *Molgula ampulloïdes* P.-J. Van Beneden, 442; rapport par M. Éd. Van Beneden, 378.

Darboux (*G.*). Offre des exemplaires du compte rendu des premières réunions du Comité de l'Association internationale des Académies, 879.

De Heen (*P.*). Rapprochement entre le mode de fonctionnement de la molécule radiante et le fonctionnement d'un tube de Crookes, 149. — Les oscillations électro-statiques produites indépendamment du phénomène de Hertz; induction électrostatique, 260. — De la transparence de divers liquides pour les oscillations électro-statiques, 380. — Constatation de quelques faits relatifs aux stratifications dans les tubes à vide et au spectre qu'ils présentent. Conjecture sur le mécanisme de ce phénomène, 803. — Quelques réflexions sur l'évolution des sciences physiques et sur le rôle de l'hypothèse, 1094. — Délégué au Congrès international de physique, à Paris, 367. Rapports : voir *Bastin* (*V.*); *Brachet* (*A.*); *Hanosset* (*M.*); *Hemptinne* (*A. de*); *Vandenberghe* (*Ad.*).

Delacre (*M.*). Étude de la synthèse du benzène par l'action du zinc-éthyle sur l'acétophénone (septième communication), 64. — Recherches sur la

synthèse graduelle de la chaîne benzénique, 68. — Rapports : voir *Gesché* (*L.*); *Swarts* (*Fr.*). *de la Vallée Poussin* (*Ch.-J.*). Rapport : voir *Beaupain* (*J.*).

Deruyts (*F.*) Rapports : voir *Fairon* (*J.*); *Ferron* (*Eug.*); *Stuyvaert* (*M.*).

Deruyts (*J.*). Chevalier de l'Ordre de Léopold, 366. — Rapport : voir *Beaupain* (*J.*).

Dewalque (*G.*). Hommage d'ouvrage avec note bibliographique (Les eaux de Spa), 652, 653.

De Wildeman (*Ed.*). Hommage d'ouvrages, 224, 368, 455, 575, 980) — *Plantae Thonnerianae congolenses* (note par M Crépin), 370 — Les Algues de la flore de Buitenzorg (note par M. Crépin), 581. — Note préliminaire sur les Algues rapportées par M. E. Racovitza, naturaliste de l'Expédition antarctique belge, 538; avis de MM. Crépin et Errera, 459.

Dollo (*L.*). Poissons abyssaux recueillis par l'Expédition antarctique belge : *Cryodraco antarcticus*, 128 ; *Gerlachea australis*, 194; *Racovitzia glacialis*, 316; *Macrurus Lecointei*, 383; avis de M. Dupont sur ces communications, 25, 148, 255; 372. — Hommage d'ouvrages, 143, 224, 331, 368, 455.

Doudou (*Ern.*). Hommage d'ouvrage, 224. — Soumet ses observations sur un Orthoptère noir ne vivant que sur les terrils, 225.

Dupont (*Éd.*). Commandeur de l'Ordre de Léopold, 366. — Notes bibliographiques : voir *Gilson* (*G.*); *Seward* (*A.-C.*). — Rapport : voir *Dollo* (*L.*).

Durand (*Th.*). Hommage d'ouvrage avec note par M Crépin (*Plantae Thonnerianae congolenses*), 368, 370.

E

Errera (*L.*). Magnétisme et poids atomique, 152. — Hommage d'ouvrages, 224, 454, 652. — Rapports : voir *Bommer* et *Rousseau* (MMmes); *De Wildeman* (*Ed.*); *Gillot* (*H.*); *Massart* (*J.*).

État indépendant du Congo. Envoi d'ouvrage, 651.

F

Fairon (*J.*). Note sur les involutions du quatrième ordre, 050; rapports de MM. F. Deruyts, Neuberg et Le Paige, 884, 885.

Falloise (*A.*). *A*. Influence de la température extérieure sur les échanges respiratoires chez les animaux à sang chaud et chez l'homme; *B*. Influence de la respiration d'une atmosphère suroxygénée sur l'absorption d'oxygène (*Mémoires* in-8°, t. LX). Avis favorables de MM. L. Fredericq et Masius, 25.

Ferron (*Eug.*). Mémoire énonçant et démontrant un nouveau principe de mécanique (revision). Lecture des rapports de MM. F. Deruyts, De Tilly et Mansion, 372. — Hommage d'ouvrage, 224. — Soumet : 1° Mémoire démontrant l'insuffisance des formules de Lagrange et de Hamilton pour la solution d'une classe étendue de problèmes de dynamique, 369; 2° Énoncé et démonstration d'un nouveau théorème de mécanique, 881.

Fétis (*Éd.*). Nommé président de l'Académie pour 1901, 980.

Folie (*F.*). Sur un phénomène d'optique atmosphérique observé à Grivegnée, le 20 décembre 1899, 5. — Sur des termes nouveaux de l'accélération séculaire de la Lune, 42. — Les nutations eulérienne et chandlérienne d'après les latitudes déterminées à Poulkovo, 270. — Les expressions correctes de la nutation eulérienne rapportée aux axes instantanés, 462. — Formules correctes de la nutation eulérienne de l'axe instantané, suivies des expressions complètes de la nutation de l'écorce solide du globe, 616. — Mon dernier mot sur l'incorrection des formules rapportées à l'axe instantané, 693. — Sur un mode de détermination de la constante de la précession, indépendamment du mouvement systématique, 811. — Phénomènes périodiques naturels observés pendant l'hiver 1899-1900, 149; en mars 1900, 292; avril 1900, 338; mai 1900, 382. — Rapport : voir *Marchal* (*J.*).

Fraipont (*J.*). Hommage d'ouvrage, 142.

Francesco (*D. de*). Hommage d'ouvrage, 879.

Francotte (*P.*). Chevalier de l'Ordre de Léopold, 366.

Fredericq (*Léon*). Demande à pouvoir bénéficier en 1901 de la table d'études réservée à la Belgique au Laboratoire de Naples, 222; lecture des rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, 372. — Sur la cause de l'apnée, 464. — La courbe diurne de la température des centres nerveux sudoripares fonctionnant sous l'influence de la chaleur, 607. — Hommage d'ouvrage, 331. — Rapports : voir *Bullot* (*G.*); *Falloise* (*A.*); *Hougardy*; *Jacqué* (*L.*); *Kœhler* (*R.*); *Krause* (*R.*) et *Philippson* (*M.*); *Maltese* (*F.*); *Nolf* (*P.*); *Plumier* (*L.*); *Waroux* (*J.*).

G

Gesché (*Louis*). Étude de l'action de la potasse caustique sur la dypnone, 203; rapports de MM. Delacre et Henry, 258, 259.

Gilkinet (*Alfr.*). Hommage d'ouvrage, 331.

Gillot (*H.*). Recherches expérimentales sur l'hydrolyse et l'utilisation de la raffinose par le *Penicillium glaucum*, 99; rapports de MM. L. Errera et Crépin, 27, 28. — Sur la marche de l'inversion du saccharose par les acides minéraux dans ses rapports avec la nature et l'intensité des rayons lumineux, 863; rapports de MM. Spring et Henry, 794, 795. — Sur la décomposition de l'oxalate neutre d'ammonium, 744; rapports de MM. Henry et Spring, 659, 661.

Gilson (*G.*). Hommage d'ouvrage avec note par M. Éd. Dupont (Exploration de la mer sur les côtes de la Belgique en 1899), 574, 579.

Gouvernement allemand. Fait parvenir les cinq volumes du voyage de circumnavigation de la « Gazelle », 650.

Gravis (*A.*). Remercie pour son élection et son diplôme, 2, 20. — Rapport : voir *Massart* (*J.*).

H

Haeckel (*Ern.*). Hommage d'ouvrages, 224, 879.

Hanosset (*M.*). Accumulateur physique. (Note déposée aux archives après avis de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe), 338.

Hemptinne (*A. de*). Le magnétisme exerce-t-il une influence sur la phosphorescence? 356. — Le magnétisme exerce-t-il une influence sur les réactions chimiques? 521; rapports sur ces deux communications par MM. De Heen et Spring, 337, 459.

Henry (*Louis*). Recherches sur les dérivés monocarbonés, 48. — Sur l'acétone méthyl-éthylique $CH_3 - CO - CH_2 - CH_3$ (note préliminaire), 57. — Sur les amino-alcools, 584. — Une page de l'histoire de la chimie générale en Belgique. Stas et les lois des poids (notes additionnelles), 663. — Motion concernant la Fondation Nobel, 784. — Sur l'alternance de volatilité dans la série des diamines normales et primaires $(H_2N)\ CH_2 - (CH_2)_n - CH_2\ (NH_2)$, 795. — Hommage d'ouvrage, 224. — Rapports : voir *Gesché* (*L.*); *Gillot* (*H.*); *Nothomb* (baron *M.*); *Oechsner de Coninck* et *Servant*; *Reymenant* (*L. Van*); *Servais* (*L.*); *Vandenberghe* (*Ad.*); *Swarts* (*Fr.*).

Hepites (*St.-C.*). Hommage d'ouvrages avec note par Alb. Lancaster. (Climat, pluie et Service météorologique en Roumanie), 980, 985.

Hougardy. Sur l'albumine du sérum de bœuf, 401; rapports de MM. L. Fredericq et J.-B.-V. Masius, 373, 374.

I

Institut botanique de l'Université de Liége. Hommage du tome II des *Archives*, 652.
Institut impérial et royal de géologie, à Vienne. Cinquantenaire de fondation (Adresse de félicitations), 330; remerciements, 574.

J

Jacobs (*Fern.*). Lauréat de la deuxième période du Prix Édouard Mailly, 1112; rapport sur ce concours par M. Brialmont, 1009.
Jacqué (*Léon*). Le tracé de la pulsation artérielle chez le Chien, 542; rapport de MM. Fredericq et Masius, 460.
Jordan (*C.*). Remercie pour son élection et pour son diplôme, 2, 20.
Jorissen (*J.*). Rapport : voir *Schuyten* (*M.-C.*).

K

Kœhler (*R.*). Note préliminaire sur les Échinides et les Ophiures de l'Expédition antarctique belge, 814; avis de MM. Van Beneden et L. Fredericq, 789.
Kölliker (*A.*). Hommage d'ouvrage, 143.
Krause (*R.*). Recherches sur la structure de la corne antérieure de la moelle du Lapin par la méthode des injections vitales de bleu de méthylène, 847; rapport de MM. Éd. Van Beneden et L. Fredericq, 792.

L

Lacaze-Duthiers (*F.-J.-H. de*). Manifestation en son honneur et hommage de son buste (lettre de félicitations), 454; remerciements du Comité, 880.
Laer (*Van*). Hommage d'ouvrage, 224.
Lagrange (*Ch.*). Hommage d'ouvrage avec note bibliographique (Mathématique de l'histoire. Lois de Bruck. Chronologie géodésique de la Bible), 454, 456. — Compte rendu sommaire des deux séances du Comité de l'Association internationale des Académies (Remerciements), 575. — Don de 10.000 francs pour la fondation d'un Prix perpétuel de physique du globe (Remerciements), 878. — Sur le problème actuel de la physique du globe et les lois de Bruck. (Loi quadrangulaire du relief du globe. Loi de l'histoire.) Discours, 1029. — Rapport : voir *Lecointe* (*E.*).
Lameere (*Aug.*). Hommage d'ouvrage, 652.
Lancaster (*Alb.*). Hommage d'ouvrage, 2. — La tempête du 13-14 février 1900, 339. — Chevalier de l'Ordre de Léopold, 366. — Réélu membre de la Commission spéciale des finan-

ces, 882. — Note bibliographique : voir *Hepites* (*St.-C.*). — Rapports : voir *Croegaert* (*Ed.*); *Vincent* (*J.*).

Lapparent (*A. de*). Hommage d'ouvrage, 224.

Laurent (*Ém.*). Hommage d'ouvrages, 879. — Élu correspondant, 1112.

Lavachery (*René*). Demande l'ouverture de deux plis cachetés qu'il a déposés en novembre 1899 et en avril 1900, 331; rapport de MM. Brialmont et Van der Mensbrugghe sur le contenu de ces billets (appareils de sauvetage), 373. — Dépose cinq plis cachetés, 651.

Lecointe (*E.*). Expédition antarctique belge. Note préliminaire sur les observations magnétiques faites pendant le voyage du S. Y. « Belgica » en 1897-1898 et 1899, 179; avis de M. Lagrange, 148.

Le Paige (*C.*). Rapports : voir *Barbarin* (*P.*); *Cesàro* (*G.*); *Fairon* (*J.*); *Stuyvaert* (*M.*).

M

Malaise (*C.*). Hommage d'ouvrage avec note. (État actuel de nos connaissances sur le Silurien de la Belgique), 652, 654. — Note bibliographique : voir *Meunier* (*F.*).

Maltese (*F.*). La diminuita longevità, la neurastenia, la tuberculosi e diverse altre malattie tremende, derivano da un grave errore della medicina. Note déposée aux archives après rapport de MM. Masius et Fredericq, 883.

Mansion (*P.*). Hommage d'ouvrage, 980. — Rapports : voir *Barbarin* (*P.*); *Ferron* (*Eug.*).

Marchal (chevalier *Edm.*). Le deuxième centenaire de l'Académie royale des sciences de Berlin, 225. Remercié pour l'Adresse de félicitations qu'il a remise lors de cette célébration, 222. — Officier de l'Ordre de Léopold, 366. — Extrait des statuts et règlements de la Fondation Nobel, 786.

Marchal (*J.*). Sur un calendrier perpétuel. Dépôt aux archives après avis de M. Folie, 790.

Masius (*J.-B.-V.*). Rapports : voir *Bullot* (*G*); *Falloise* (*A.*); *Hougardy*; *Jacqué* (*L.*); *Maltese* (*F.*); *Nolf* (*R.*); *Plumier* (*L.*); *Waroux* (*J.*).

Massart (*J.*). Sur le protoplasme des Schizophytes (*Mémoire couronné*). Rapports de MM. Van Bambeke, Errera et Gravis, 999, 1006, 1008; proclamé lauréat, 1111.

Maupas (*E.*). Remercie pour son élection et son diplôme, 2, 20.— Hommage d'ouvrage, 331.

Melsens (Mme veuve *Louis*). Legs de 15,000 francs fait à l'Académie pour la fondation d'un prix se rapportant à la chimie ou à la physique appliquées, 222.

Mesdach de ter Kiele (*Ch.*). Nommé président de l'Académie pour 1900, 20.

Meunier (*Fern.*). Hommage d'ouvrage avec note par C. Malaise (Revision des Diptères fossiles types de Loew), 21.

Ministre de l'Agriculture. Envois d'ouvrages, 2, 574, 879.

Ministre de l'Industrie et du Travail. — Envois d'ouvrages, 142, 782, 879.

Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique. Envoi d'ouvrages, 20, 366, 367, 574, 630, 631, 879.

Ministre de l'Instruction publique d'Italie. Hommage d'ouvrage, 223.

Moissan (*H.*). Remercie pour son élection et son diplôme, 2, 20.

Mourlon (*M.*). Hommage d'ouvrages, 367, 783. — Remercié pour sa *Bibliographia Geologica*, 782. — Réélu membre de la Commission spéciale des finances, 882.

Murray (*J.*). Remercie pour son élection et son diplôme, 2, 20.

Musée du Congo. Hommage d'ouvrage (*Annales*), 631.

N

Neuberg (*J.*). Rapport et note sur un mémoire de M. G. Cesàro, intitulé : Sur les moments d'inertie des polyèdres et des polygones, 332. — Hommage d'ouvrage, 960. — Rapports : voir *Beaupain* (*J.*); *Fatron* (*J.*); *Stuyvaert* (*M.*).

Nolf (*P.*). La pression osmotique de la salive sous-maxillaire du Chien, 960; rapports de MM. L. Fredericq et Masius, 885, 886.

Nordenskjöld (*Erland* et *Otto*). Hommage d'ouvrages, 368, 379.

Nothomb (baron *Marcel*). Sur la dissociation du pentachlorure d'antimoine, 551; rapport de MM. Spring et Henry, 461.

O

Oechsner-de Coninck et *Servant.* Sur la différence spécifique entre les acétones et les aldéhydes au point de vue expérimental, 313; rapport de MM. Spring et Henry, 259.

P

Pâque (*E.*). Hommage d'ouvrages, 143, 224.

Pasquier (*Ern.*). Hommage d'ouvrage, 575.

Peeters (*Edgar*) Soumet une note sur l'isopropanol-amine, 881.

Pelseneer (*P.*). Remercie pour son élection et pour son diplôme, 2, 20.

Perrot (*E.*). Questions à traiter au Congrès international de botanique générale qui se tiendra à Paris en 1900, 21.

Petermann (A.). Hommage d'ouvrage, 575.

Philippson (*M.*). Recherches sur la structure de la corne antérieure de la moelle du Lapin par la méthode des injections vitales de bleu de méthylène, 847; rapport de MM. Éd. Van Beneden et L. Fredericq, 792.
Pierart (*J.*). Dépose un pli cacheté, 880.
Pirsch (*O.*). Dépose un pli cacheté, 574.
Plateau (*F.*). Rapport : voir *Fredericq* (*L.*).
Plumier (*Léon*). Études sur les courbes de Traube-Hering (*Mémoires* in-8°, t. LX). Rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 337.
Potain (*C.*). Hommage d'ouvrage, 783.

R

Renard (*A.-F.*). Hommage d'ouvrage, 454. — Sur les sédiments rapportés par la « Belgica » (*Mémoires*), 461. — Rapport : voir *Croegaert* (*Ed.*).
Renault (*B.*). Hommage d'ouvrages, 21, 454, 980.
Reymenant (*Léon Van*). Sur l'acétone méthyl-éthylique CH_3-CO-CH_2-CH_3, 724; rapports de MM. Henry et Spring, 658, 659.
Richet (*Ch.*). Hommage d'ouvrage, 783.
Rousseau et *Bommer* (Mmes) Note préliminaire sur les champignons recueillis par l'Expédition antarctique belge, 640; avis de MM. Crépin et Errera, 459.
Rulot (*H.*). Soumet une note sur l'hibernation des chauves-souris, 783.

S

Schiaparelli (*G.*). Hommage d'ouvrage, 224.
Schuyten (*M.-C.*). Hommage d'ouvrage avec note par Ch. Van Bambeke (Stad Antwerpen. Paedologisch Jaarboek, 1ste jaargang), 368, 371. — Sur la décomposition de l'iodoforme en solution chloroformique, 625; rapport de MM. Jorissen et Spring, 583.
Selys Longchamps (*Marc de*). Recherches sur le développement post-embryonnaire et l'organisation de *Molgula ampulloides* P.-J. Van Beneden, 442. — Développement du cœur, du péricarde et des épicardes chez *Ciona intestinalis*, 432; rapports sur ces communications par M. Éd. Van Beneden, 376, 378.
Selys Longchamps (baron *Edm. de*). Grand Cordon de l'Ordre de Léopold (félicitations), 330. — Remercie pour les sentiments qui lui ont été exprimés au sujet de la manifestation dont il a été l'objet comme sénateur, 366. — Délégué au IIIe Congrès ornithologique à Paris, 367; président d'honneur de ce Congrès, 454. — Annonce de sa mort (paroles prononcées par M. Lagrange, directeur), 978,

979. Discours prononcé à ses funérailles par M. De Tilly, 981.

Sénat du Royaume. Envoi de cartes pour la tribune réservée, 880.

Servais (*L.*). Sur les acides valériques α chlorés, 695; rapports de MM. Henry et Spring, 655, 657.

Servant. Voir *Oechsner-de Coninck.*

Seward (*A.-C.*). Hommage d'ouvrage, avec note par M. Éd. Dupont (La flore wealdienne de Bernissart), 574, 576.

Simoens (*G.*). Remercié pour sa collaboration à la *Bibliographia Geologica,* 782.

Société batave de physique expérimentale à Rotterdam. Adresse ses programmes de concours pour 1900 et 1901, 881.

Société de biologie de Paris. Hommage du volume jubilaire de son cinquantenaire, 368.

Société industrielle d'Amiens. Adresse ses programmes de concours pour 1900 et 1901, 881.

Société des sciences naturelles de Buffalo. Mort de son président, David F. Day, 651.

Somzée (*Côme de*). Hommage d'ouvrages, 143.

Somzée (*Léon de*). Hommage d'ouvrage, 143, 368.

Spring (*W*). Sur la floculation des milieux troubles, 483. — Sur l'illumination de quelques verres, 1014. — Rapports : voir *Gillot* (*H.*); *Hemptinne* (*A. de*); *Nothomb* (baron *M.*); *Oechsner-de Coninck* et *Servant*; *Reymenant* (*L. Van*); *Servais* (*L.*); *Schuyten* (*M.-C.*); *Swarts* (*Fr.*).

Stöber (*F.*). Hommage d'ouvrage, 454.

Stokes (sir *G.-G.*). Remercie pour son élection, 2. — Médaille frappée à l'occasion de son jubilé, offerte par l'Université de Cambridge, 142.

Stuyvaert (*M.*). Sur la polarité dans les courbes gauches du quatrième ordre (première espèce) et du troisième ordre, 87; rapports de MM. F. Deruyts et Le Paige, 26, 27. — Se déclare l'auteur du mémoire du concours annuel de 1898 (Correspondance que l'on peut établir entre deux espaces) auquel il a été accordé une mention très honorable, 223; remercie pour son diplôme de lauréat, 367. — Recherches relatives aux connexes de l'espace (*Mémoires* in-8°). Rapports de MM. Neuberg, F Deruyts et Le Paige, 883, 884. — Notes sur les cubiques gauches, 820; rapports de MM. F. Deruyts, Neuberg et Le Paige, 790, 791.

Suède et Norwège (*Gouvernement*). Envoie les statuts et règlements de la Fondation Nobel, 650.

Swarts (*Fréd.*). Sur quelques dérivés fluorés du toluol (deuxième communication), 414;

rapports de MM. Spring et Henry, 374, 375. — Contribution à l'étude des combinaisons organiques du flor (*mémoire couronné*). Rapports de MM. Spring, Henry et Delacre, 987, 993, 997; proclamé lauréat, 1111.

T

Terby (*F.*). Rapport : voir *Vincent* (*J.*).

Thomas (*N.-W.*). Adresse un exemplaire de son questionnaire sur les croyances relatives aux animaux, 651.

Tilly (*J. De*). Élu directeur pour l'année 1901, 3. — Mort de son frère, le général-major Julien-Charles De Tilly, 222; remercie pour les condoléances de l'Académie, 330. — Réélu membre de la Commission spéciale des finances, 882. — Discours prononcé aux funérailles de M. le baron Edm. de Selys Longchamps, 981. Rapports : voir *Barbarin* (*P.*); *Cesàro* (*G.*); *Ferron* (*Eug.*).

U

Université de Californie, à Berkeley. Annonce la mort de J. Edw. Keeler, 651.

Université de Cambridge (*Angleterre*). Hommage de la médaille frappée à l'occasion du jubilé de sir G.-G. Stokes, 142.

Universités du Royaume (*Recteurs des*) Font savoir qu'aucun diplôme légal de docteur en sciences chimiques n'a été décerné cette année avec la plus grande distinction, 881.

V

Van de Kerckhof (*P.*). Soumet une note sur la circulation dans le cercle artériel de Willis, 455.

Vandenberghe (*Ad.*). Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous (deuxième communication), 206; rapport de MM. Henry et De Heen, 148.

Van den Bossche (*baron*) Hommage d'ouvrages, 224, 455, 980.

Van den Broeck (*Ern.*). Hommage d'ouvrage, 575.

Van der Mensbrugghe (*G.*). Hommage d'ouvrages, 20, 652. — Délégué au Congrès international de physique, à Paris, 367. — Sur l'expérience inverse de celle du tonneau de Pascal, 611. — Rapports : voir *Bastin* (*V.*); *Hanosset* (*M.*); *Lavachery* (*R.*).

Vanlair (*C.*). Élu membre titulaire (remerciements), 2; approbation royale de son élection, 20. — Hommage d'ouvrage, 980.

Vincent (*J.*). Hommage d'ouvrage, 143. — A propos des cirques lunaires, 768; rapport de MM. Lancaster et Terby, 662.

W

Waldeyer (*W. von*). Hommage d'ouvrage, 368.

Waroux (*J.*). Du tracé d'un fragment isolé du myocarde (troisième note), 7; avis favorable de MM. L. Fredericq et Masius, 5.

Wauters (*J.*). Donne connaissance du legs de 15,000 francs fait par Mme veuve Melsens pour l'institution d'un prix perpétuel en mémoire de son mari (physique ou chimie appliquées), 222.

Witzleben-Wendelstein (*Ferd. von*). Hommage d'ouvrage, 20.

TABLE DES MATIÈRES.

A

Absorption. Voir *Respiration*.

Acides. Sur les acides valériques α chlorés; par Léon Servais, 695; rapports de MM. L Henry et Spring, 655, 657.

Accumulateur physique; par Hubert Hanosset. Note déposée aux archives après avis de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, 338.

Acétones. Sur l'acétone méthyl-éthylique $CH_3 - CO - CH_2 - CH_3$ (note préliminaire); par Louis Henry, 57. — Sur l'acétone méthyl-éthylique $CH_3 - CO - CH_2 - CH_3$; par Léon Reymenant, 724; rapports de MM. Henry et Spring, 658, 659. — Sur la différence spécifique entre les acétones et les aldéhydes au point de vue expérimental; par MM. Oechsner-de Coninck et Servant, 313; rapport de MM. Spring et Henry, 239.

Acétophénone. Voir *Benzène*.

Albumine (Sur l') du sérum de bœuf; par M. Hougardy, 401; rapports de MM. L. Fredericq et Masius, 373, 374.

Aldéhydes. Voir *Acétones*.

Algues (Sur les) rapportées par M. E. Racovitza, naturaliste de l'Expédition antarctique belge; par Ém. De Wildeman, 558; avis de MM. Errera et Crépin, 459. — Algues de la flore de Buitenzorg; par Ém. De Wildeman. (Note par F. Crépin), 581.

Amino-alcools (Sur les); par L. Henry, 584.

Anatomie. Voir *Ciona intestinalis; Lapin; Molgula ampulloïdes*.

Animaux. Voir *Croyances*.

Antimoine. Voir *Dissociation*.

Apnée (Sur la cause de l'); par L. Fredericq, 464.

Astronomie. Voir *Calendrier; Cirques lunaires; Lune; Nutation; Précession; Prix Édouard Mailly*.

Atmosphère. Voir *Optique; Respiration*.

Axe instantané. Voir *Nutation*.

B

Belgique. Voir *Silurien*.

Benzène. Étude de la synthèse du benzène par l'action du zinc-éthyle sur l'acétophénone (septième communication); par M. Delacre, 64. — Recherches sur la synthèse graduelle de la chaîne benzénique (neuvième communication); par le même, 68.

Bible (Chronologie géodésique de la). Voir *Physique du globe*.

Bibliographie. Voir *Géologie*.

Billets cachetés déposés par MM. Callebaut (Prosper), 21; O. Pirsch, 574; J. Pierart, 880. — M. Lavachery demande l'ouverture de deux billets cachetés, 331; rapport de MM. Brialmont et Van der Mensbrugghe sur le contenu de ces billets (appareil de sauvetage), 373. — M. Lavachery dépose cinq plis cachetés, 651.

Biographie. Voir *Funérailles*.

Biologie. M. L. Fredericq demande à pouvoir occuper, en 1901, la table d'études réservée à la Belgique au Laboratoire de Naples, 222; lecture des rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, 372. — Exploration de la mer sur les côtes de la Belgique en 1899; par G. Gilson. (Note par Éd. Dupont), 579. — Voir *Ciona intestinalis; Lapin; Molgula ampulloides*.

Botanique. Voir *Algues; Champignons; Concours de la Classe des sciences; Congrès; Paléontologie; Plantae*.

Brück (Lois de). Voir *Physique du globe*.

Buste offert à M. de Lacaze-Duthiers. Remerciements du Comité, 880.

C

Calendrier perpétuel (Sur un); par J. Marchal. Dépôt aux archives après avis de M. Folie, 790.

Champignons (Note préliminaire sur les) recueillis par l'Expédition antarctique belge et déterminés par MMmes Bommer et Rousseau, 640; avis de MM. Crépin et Errera, 459.

Chauves-souris. Voir *Hibernation*.

Chien. Voir *Pulsation*.

Chimie. Une page de l'histoire de la chimie générale en Belgique. Stas et les lois des poids (Notes additionnelles); par L. Henry, 663. — Voir *Acétones; Acides; Amino-alcools; Benzène; Dérivés; Dissociation; Floculation; Fluor; Iodoforme; Magnétisme; Oxalate; Poids atomiques; Potasse; Pression osmotique; Saccharose; Volatilité*.

Ciona intestinalis. Développement du cœur, du péricarde et des épicardes chez *Ciona intesti-*

nalis; par Marc de Selys Longchamps, 432; rapport de M Van Beneden, 376.

Circulation. Sur la circulation dans le cercle artériel de Willis; note soumise par P. Van de Kerckhof, 455.

Circumnavigation (Voyage de). Voir *Gazelle.*

Cirques lunaires (A propos des); par J. Vincent, 768; rapport de MM. Lancaster et Terby, 662.

Commission administrative. M. Crépin réélu délégué, 360.

Commission spéciale des finances. Réélection, 882.

Cœur. Du tracé d'un fragment isolé du myocarde (troisième note); par J. Waroux, 7; avis favorable de MM. L. Fredericq et Masius, 5. — Voir *Ciona intestinalis.*

Concours. Envois de programmes: Académie royale de médecine (programmes 1900-1902), 367. Société batave de physique expérimentale, à Rotterdam, 881. Société industrielle d'Amiens, 881.

Concours annuels. CLASSE DES SCIENCES (**1898**). M. Stuyvaert se déclare l'auteur du mémoire sur la correspondance, etc.. qui a obtenu une mention honorable, 223; remercie pour son diplôme, 367. — (**1900**). Mémoires reçus et désignation des commissaires, 582. — Rapports de MM. Spring, Henry et Delacre (mémoire sur les combinaisons organiques du fluor. — M. Fr. Swarts, lauréat), 987, 993, 997, 999. — Rapports de MM. Van Bambeke, Errera et Gravis (mémoire sur le protoplasme des Schizophytes. — M. J. Massart, lauréat), 999, 1006, 1008, 1009.— Proclamation, 1111. — (**1901, 1902**.. Programmes. 143, 146.

Congo. Voir *Plantæ.*

Congrès et Association :

Association internationale des Académies. Affiliation de la Classe des sciences, 223. — Compte rendu sommaire des deux séances du Comité; par Ch. Lagrange (remerciements), 575; appel aux membres pour les questions à soumettre à l'assemblée de 1901, 576, 880. — M. G. Darboux envoie des exemplaires imprimés du compte rendu des deux séances du Comité, 879. — Question soulevée par M. Marey d'uniformiser les méthodes employées en physiologie, 880.

Congrès d'histoire des sciences, 2.

Congrès de botanique générale, 21.

Congrès de médecine (XIIIe session), 21.

Congrès géologique (VIIIe session), 142.

Congrès ornithologique (IIIe session). M. le baron de Selys Longchamps, délégué et président d'honneur, 367, 454.

Congrès de physique (Ire session). MM. Van der Mensbrugghe, Spring et De Heen, délégués, 367.

Connexes de l'Espace (Recherches relatives aux); par M. Stuyvaert (*Mémoires*). — Rapports de MM. Neuberg, F. Deruyts et Le Paige, 883, 884.
Courbes de Traube-Hering. Voir *Physiologie*.
Courbes gauches. Voir *Polarité*.
Cristallographie. Perpendiculairement à un axe de symétrie, existe-t-il toujours une face possible, c'est-à-dire satisfaisant à la loi de rationalité? Un axe de symétrie est-il toujours une arête possible? par G. Cesàro, 162. Voir *Inertie*.
Croyances relatives aux animaux. Questionnaire envoyé par N.-W. Thomas, 651.
Cryodraco antarcticus. Voir *Poissons*
Cubiques gauches (Sur les); par M. Stuyvaert, 820; rapports de MM. Fr. Deruyts, J. Neuberg et Le Paige, 790, 791.
Cytologie. Voir *Protoplasme*.

D

Décomposition. Voir *Iodoforme; Oxalate*.
Dérivés. Recherches sur les dérivés monocarbonés; par Louis Henry, 48. — Sur quelques dérivés fluorés du toluol (deuxième communication); par Fréd. Swarts, 414; rapports de MM. Spring et Henry, 374, 375.
Diamines normales et primaires. Voir *Volatilité*.
Diptères. Revision des Diptères fossiles types de Loew conservés au Musée provincial de Koenigsberg; par F. Meunier. (Note bibliographique; par C. Malaise), 21.
Dissociation (Étude de la) des corps dissous (deuxième communication); par Ad. Vandenberghe, 206; rapport de MM. Spring et De Heen, 148. — Sur la dissociation du pentachlorure d'antimoine; par le baron Marcel Nothomb, 551; rapport de MM. Henry et Spring, 461.
Dons. Ouvrages imprimés, par l'Académie royale des sciences de Berlin, 550; Albert Ier (Prince souverain de Monaco), 652; Allemagne (Gouvernement de l'Empire d'), 650; Anspach (L.), 368; Bambeke (Ch. Van), 574, 652; Bouché (Eug.), 575; Brialmont (A.), 785; Clautriau (G.), 652; Comberousse (Ch. de), 575; Cocchi (I.), 368, 652; Darboux (G.), 879; Dewalque (G.), 652; De Wildeman (Éd.), 224, 368, 455, 575, 980; Dollo (L.), 143, 224, 331, 368, 455; Doudou (Ern.), 224; Durand (Th.), 368; Errera (L.), 224, 454, 652; Ferron (Eug.), 224; Fraipont (J.), 143; Francesco (F. de), 879; Fredericq (L.), 331; Gilkinet (A.), 331; Gilson (G.), 575; Haeckel (Ern.), 224, 879; Henry (L.), 224; Hepites (St.-C.), 980; Institut botanique de l'Université de Liége, 652; Kölliker (A.), 143;

Laer (Van), 224; Lagrange (Ch.), 454; Lameere (Aug.), 652; Lancaster (Alb.), 2; Lapparent (A. de), 224; Laurent (Em.), 879; Malaise (C.), 652; Mansion (P.), 980; Maupas (E.), 331; Meunier (F.), 21; Ministre de l'Agriculture, 2, 574, 879; Ministre de l'Industrie et du Travail, 142, 782, 879; Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, 20, 366, 367, 574, 650, 651, 879; Ministre de l'Instruction publique d'Italie, 223; Mourlon, 367, 783; Musée du Congo, 651; Neuberg, (J.), 980; Nordenskjöld (Erl. et Otto), 368, 369; Pâque (E.), 143, 224; Pasquier (Ern.), 575; Petermann (A.), 575; Potain (C.), 783; Renard (A.-F.), 454; Renault (B.), 21, 454, 980; Richet (Ch.), 783; Schiaparelli (G.), 224; Schuytten (M.-C.), 368; Seward (A.-C.), 574; Société de biologie de Paris, 368; Somzée (L. et C. de), 143, 368; Stöber (F.), 454; Van den Bossche (baron), 224, 455, 980; Van den Broeck (Ern.), 575; Van der Mensbrugghe, 20, 652; Vanlair (C.), 980; Vincent (J.), 143; Waldeyer (W. von), 368; Witzleben-Wendelstein, (Ferd. von), 20. — Médaille par l'Université de Cambridge, 142.

Dynamique. Mémoire démontrant l'insuffisance des formules de Lagrange et de Hamilton pour la solution d'une classe étendue de problèmes de dynamique; par Eug. Ferron (à l'examen), 369.

Dypnone. Voir *Potasse*.

E

Eaux de Spa (Les); par G. Dewalque. (Note par l'auteur), 653.

Échinides et Ophiures (Note préliminaire sur les) de l'Expédition antarctique belge; par le Dr R. Kœhler, 814; avis de MM. Van Beneden et L. Fredericq, 789.

Élections. CLASSE DES SCIENCES. (**1899**). Arrêté royal approuvant l'élection de M. Vanlair, 20; remerciements pour les élections et les diplômes, 2, 20. — (**1900**). M. Mesdach de ter Kiele, nommé Président de l'Académie, 20. — M. Cesàro (Ern.) élu associé et M. Ém. Laurent élu correspondant, 1112. — (**1901**). M. De Tilly élu directeur, 3. — M. Fétis élu Président de l'Académie, 980.

Électricité. Rapprochement entre le mode de fonctionnement de la molécule radiante et le fonctionnement d'un tube de Crookes; par P. De Heen, 149. — Les oscillations électro-statiques produites indépendamment du phénomène de Hertz; induction électro-statique, par P. De Heen, 260. — Constatation de quelques faits relatifs aux stratifications dans les tubes à vide et au spectre qu'ils présen-

tent. Conjecture sur le mécanisme de ce phénomène; par P. De Heen, 803. — Voir *Induction; Liquides; Physique.*

Enseignement. Voir *Instruction publique; Pédologie.*

Entomologie. Voir *Congrès; Diptères; Orthoptère.*

Épithélium cornéen (Sur la physiologie de l'). Imperméabilité relative à l'oxygène; par G. Bullot, 887; rapports de MM. L. Fredericq et J.-B.-V. Masius, 793, 794.

Espace. Voir *Connexes.*

Expédition antarctique belge. M. Amundsen remercie pour la médaille qui lui a été offerte, 651. — Voir *Algues; Champignons; Échinides* et *Ophiures; Magnétisme; Poissons; Sédiments.*

Exploration de la mer. Voir *Biologie.*

F

Fiançailles de S. A. R. le prince Albert de Belgique. Adresse de félicitations à S. M. le Roi, 454.

Floculation (Sur la) des milieux troubles; par W. Spring, 483.

Flore. Voir *Paléontologie.*

Fonctions. Sur une classe de fonctions qui se rattachent aux fonctions de Jacques Bernoulli; par J. Beaupain (*Mémoires des savants étrangers*, in-4°, t. LIX). Rapports de MM. J. Deruyts, Ch.-J. de la Vallée Poussin et Neuberg, 255, 257.

Fluor. Mémoire couronné sur les combinaisons organiques du fluor; par Fr. Swarts (*Mémoires*). Rapports de MM. Spring, Henry et Delacre, 987, 993, 997.

Fondation Nobel. Statuts et règlements offerts par le Gouvernement de la Suède et de la Norwège, 650. — Motion de M. L. Henry, 784. — Extrait des statuts et règlements; par le chevalier Edm. Marchal, 786.

Funérailles. Discours prononcé aux funérailles de Michel-Edmond, baron de Selys Longchamps; par J. De Tilly, 981.

G

Gazelle (Voyage de circumnavigation de la). Hommage par le Gouvernement allemand des cinq volumes publiés, 650.

Géographie. Sur la configuration superficielle de notre globe; par Ed. Croegaert. Note déposée aux archives après avis de MM. Renard et Lancaster, 883.

Géologie (Remerciements adressés à MM. M. Mourlon et G. Simoens pour leur *Bibliographia Geologica*), 782. — Voir *Congrès; Eaux; Paléontologie; Sédiments, Silurien.*

Géométrie. Mémoires de géométrie générale et analytique; par P. Barbarin. Rapports de MM. Mansion, De Tilly et Le Paige, 28, 42. Avis des mêmes commissaires sur la revision de ce

travail (Études de géométrie non euclidienne) imprimé dans le tome LX des *Mémoires* in-8°, 459. — Voir *Cristallographie; Inertie; Polarité.*

Gerlachea australis. Voir *Poissons.*

H

Hibernation (Sur l') des chauves-souris; note soumise par H. Rulot, 783.

Histoire (Mathématique de l'). Voir *Physique du Globe.*

Hydrolyse. Voir *Raffinose.*

Hypothèse (Rôle de l'). Voir *Physique.*

I

Ichtyologie. Voir *Poissons.*

Illumination (Sur l') de quelques verres; par W. Spring, 1014.

Induction. M. le Dr V. Bastin soumet une note sur l'induction électro-statique, 3; lecture des rapports de MM. Van der Mensbrugghe et De Heen (renvoi du manuscrit à l'auteur), 25.

Inertie. Sur les moments d'inertie des polygones et des polyèdres. Méthode géométrique pour la recherche de leur valeur; par G. Cesàro (*Mémoires des membres*, in-4°, t. LIV). Rapports de MM. Neuberg, De Tilly et Le Paige et note de M. Neuberg, 332, 334. — Voir *Cristallographie.*

Involutions (Note sur les) du quatrième ordre; par J. Fairon, 950; rapport de MM. F. Deruyts, Neuberg et Le Paige, 884, 885.

Iodoforme. Sur la décomposition de l'iodoforme en solution chloroformique; par M.-C. Schuyten, 625; rapport de MM. Jorissen et Spring, 583.

Isopropanol-amine (Sur l'); note soumise par M. Edgar Peeters, 881.

J

Jubilés, Manifestations. Cinquantenaire de professorat de sir John Stokes (Médaille offerte par l'Université de Cambridge), 142. — Académie royale des sciences de Berlin (200e anniversaire). M. Marchal remercié pour l'Adresse de félicitations qu'il est allé remettre, 222; remerciements pour cette Adresse, 330. Le deux centième anniversaire de fondation de l'Académie royale des sciences de Berlin (19 et 20 mars 1900); par le chevalier Edm. Marchal, 225. — Institut impérial de géologie, à Vienne. Célébration de son cinquantenaire (Adresse de félicitations), 330; remerciements, 574. — Société de biologie de Paris. Fait hommage du volume publié à l'occasion de son cinquantenaire (1848-1898), 368. — Manifestation en l'honneur du baron de Selys Longchamps, sénateur

(félicitations et remerciements), 566. — Manifestation en l'honneur de Lacaze-Duthiers (Lettre de felicitations), 451; remerciements du Comité, 880.

L

Laboratoire Voir *Biologie*.

Lapin. Voir *Moelle*.

Legs fait par Mme veuve Louis Melsens pour la fondation d'un prix Melsens (chimie ou physique appliquées), 223.

Liquides. De la transparence de divers liquides par les oscillations électro-statiques; par P. De Heen, 380.

Lune. Sur des termes nouveaux de l'accélération séculaire de la Lune; par F. Folie, 42. — Voir *Cirques lunaires*.

M

Macrurus Lecointei. Voir *Poissons*.

Magnétisme. EXPÉDITION ANTARCTIQUE BELGE. Note préliminaire sur les observations faites pendant le voyage de S Y. Belgica en 1897-1898 et 1899; par E. Lecointe, 179; avis de M. Ch. Lagrange, 148. — Magnétisme et poids atomique; par L Errera, 152. — Le magnétisme exerce-t-il une influence sur la phosphorescence? par A. de Hemptinne, 356. — Le magnétisme exerce-t-il une influence sur les réactions chimiques? par A. de Hemptinne, 521; rapports de MM. De Heen et Spring sur ces deux communications, 537, 459.

Mathématiques. Voir *Connexes; Cubiques; Dynamique; Fonctions; Géométrie; Involutions; Mécanique; Physique du globe; Polarité*.

Manifestations. Voir *Jubilés*.

Mécanique. Mémoire énonçant et démontrant un nouveau principe de mécanique (nouvelle rédaction); par Eug. Ferron. Lecture des rapports de MM. F. Deruyts, De Tilly et Mansion, 372.— Énoncé et démonstration d'un nouveau théorème de mécanique; travail soumis par Eug. Ferron, 881. — Voir *Dynamique*.

Mécanique céleste. Voir *Lune; Nutation; Précession*.

Médecine. La diminuita longevità, la neurastenia, la tuberculosi e diverse altre malattie tremende derivano da un grava errore della medicina; par Fr. Maltese (Dépôt aux archives). Avis de MM. Masius et Fredericq, 883.

Mer (Exploration). Voir *Biologie*.

Météorologie de Roumanie; Album climatologique. Régime pluviométrique. Service météorologique; par St.-C. Hepites (Note par Alb. Lancaster), 985. — Voir *Optique; Phénomènes périodiques; Tempêtes*.

Moelle. Recherches sur la structure de la corne antérieure de

la moelle du Lapin par la méthode des injections vitales de bleu de méthylène (communication préliminaire); par le Dr R. Krause et M. Philippson, 847; rapport de MM. Van Beneden et L. Fredericq, 792.

Molgula ampulloides. Recherches sur le développement postembryonnaire de l'organisation de *Molgula ampulloides* P.-J. Van Beneden; par MM. Marc de Selys Longchamps et D. Damas, 442; rapport de M. Éd. Van Beneden, 378.

Morphologie. Voir *Ciona intestinalis; Molgula ampulloides*.

Myocarde. Voir *Cœur*.

N

Nécrologe. Décès: De Tilly (Julien-Charles), 222; David-F. Day, 651; Beltrami (Eug.), 142; Keeler (James-Edw.), 651; Selys Longchamps (baron Édmond de), 978.

Nickel. Voir *Paratonnerres*.

Nutation. Sur les nutations eulérienne et chandlérienne d'après les latitudes déterminées à Poulkovo; par F. Folie, 270. — Les expressions correctes de la nutation eulérienne rapportée aux axes instantanés; par F. Folie, 463. — Formules correctes de la nutation eulérienne de l'axe instantané, suivies des expressions complètes de la nutation de l'écorce solide du globe; par F. Folie, 616. — Mon dernier mot sur l'incorrection des formules rapportées à l'axe instantané; par F. Folie, 693.

O

Optique. Sur un phénomène d'optique atmosphérique observé à Grivegnée, le 20 décembre 1899; par F. Folie, 5.

Ophiures. Voir *Échinides*.

Ordre de Léopold. Félicitations à MM. le baron de Selys Longchamps, Grand Cordon, 330; MM. Éd. Dupont, Commandeur; le chevalier Edm. Marchal, Officier; J. Deruyts, Lancaster et Francotte, Chevaliers, 366.

Orthoptère. Observations sur un Orthoptère noir ne vivant que sur les terrils; note soumise par M. Ern. Doudou, 225.

Ouvrages présentés. Janvier, 18; février, 138; mars, 217; avril, 328; mai, 360; juin, 450; juillet, 569; août, 646; septembre-octobre, 773; novembre, 874; décembre, 1113.

Oxalate neutre d'ammonium (Sur la décomposition de l'); par H. Gillot, 744; rapports de MM. L. Henry et Spring, 659, 661.

P

Paléontologie. The wealden Flora; by A.-C. Seward. (Note par Éd. Dupont), 576. — Voir *Diptères*.

Paratonnerres (Emploi du nickel pour les). Lettre de M. A. Brachet déposée aux archives après avis de M. De Heen, 455, 789.

Pascal. Voir *Physique*.

Pédologie. Hommage d'ouvrage, par M.-C. Schuyten. (Stad Antwerpen. Pædologisch Jaerboek.) Note par Ch. Van Bambeke, 371.

Penicillium glaucum. Voir *Raffinose*.

Phénomènes périodiques. Phénomènes naturels observés par F. Folie pendant l'hiver 1899-1900, 149; en mars 1900, 292; avril, 338; mai, 383.

Phosphorescence. Voir *Magnétisme*.

Physiologie. Études sur les courbes de Traube-Hering; par Léon Plumier (*Mémoires* in-8°, t. LX). Rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 337. — La courbe diurne de la température des centres nerveux sudoripares fonctionnant sous l'influence de la chaleur; par Léon Fredericq, 607. — Voir *Albumine; Apnée; Circulation; Cœur; Congrès; Épithélium cornéen; Hibernation; Pression osmotique; Pulsation; Respiration*.

Physique. Sur l'expérience inverse de celle du tonneau de Pascal; par G. Van der Mensbrugghe, 611. — Quelques réflexions sur l'évolution des sciences physiques et sur le rôle de l'hypothèse; par P. De Heen, 1094. — Voir *Accumulateur; Électricité; Induction; Magnétisme*.

Physique du globe. Note, par Ch. Lagrange, en présentant son son livre : *Mathématique de l'histoire*, 456. Sur le problème actuel de la physique du globe et les lois de Brück. (Loi quadrangulaire du relief du globe; loi de l'histoire); discours par Ch. Lagrange, 1029. — Voir *Météorologie; Phénomènes périodiques; Tempêtes*.

Physique sociale. Voir *Physique du globe*.

Plantae Thonnerianae congolenses; par É. De Wildeman et Th. Durand. (Note par Fr. Crépin), 370.

Poids atomique et magnétisme; par L. Errera, 152. Voir *Chimie*.

Poissons abyssaux nouveaux recueillis par l'Expédition antarctique belge et étudiés par L. Dollo : *Cryodraco antarcticus*, 128; *Gerlachea australis*, 194; *Racovitzia glacialis*, 316; *Macrurus Lecointei*, 385; avis de M. Dupont, 25, 148, 255, 372.

Polarité (Sur la) dans les courbes gauches du quatrième ordre (première espèce) et du troisième ordre; par M. Stuyvaert, 87; rapports de MM. F. Deruyts et Le Paige, 26, 27.

Polyèdres. Voir *Inertie*.

Polygones. Voir *Inertie*.

Potasse. Action de la potasse

caustique sur la dypnone; par L. Gesché, 293; rapports de MM. Delacre et Henry, 258, 259.

Précession. Sur un mode de détermination de la constante de la précession, indépendant du mouvement systématique; par F. Folie, 811.

Pression osmotique de la salive sous-maxillaire du Chien; par le Dr Nolf, 960; rapports de MM. L. Fredericq et J.-B.-V. Masius, 885, 886.

Prix Charles Lemaire en faveur de questions relatives aux travaux publics (septième période, 1899-1901). Programme, 147.

Prix Édouard Mailly (deuxième période, 1896-1899). Réception de toutes les publications de la Société belge d'astronomie et désignation des commissaires, 4; rapport de M. Brialmont, 1009; M. Fernand Jacobs, lauréat, 1112.

Prix Louis Melsens pour un ouvrage remarquable se rapportant à la chimie ou à la physique appliquées. Legs de 15,000 fr. fait par Mme Veuve L. Melsens pour la fondation de ce prix, 223; inscription de cette somme au grand-livre de la dette publique belge, 650.

Prix fondé en mémoire de J.-S. Stas. Prix non décerné en 1900, 881.

Prix de physique du globe Don de 10,000 francs par M. Ch. Lagrange pour la fondation de ce prix, 878; remerciements, 878.

Prix décennal des sciences botaniques. Exemplaires des rapports, 650.

Prix décennal des sciences physiques et chimiques. Exemplaires des rapports, 650.

Protoplasme. Mémoire couronné sur le protoplasme des Schizophytes; par Jean Massart (*Mémoires*). Rapports de MM. Van Bambeke, Errera et Gravis, 999, 1006, 1008.

Pulsation. Le tracé de la pulsation artérielle chez le Chien; par Léon Jacqué, 542; rapport de MM. L. Fredericq et J.-B.-V. Masius, 460.

R

Racovitzia glacialis. Voir *Poissons*.

Radiographie. Voir *Électricité*.

Raffinose. Recherches expérimentales sur l'hydrolyse et l'utilisation de la raffinose par le *Penicillium glaucum*; par H. Gillot, 99; rapport de MM. L. Errera et Fr. Crépin, 27, 28.

Réactions chimiques. Voir *Magnétisme*.

Respiration. *A*. Influence de la température extérieure sur les échanges respiratoires chez les animaux à sang chaud et chez l'homme; *B*. Influence de la respiration d'une atmosphère suroxygénée sur l'absorption

d'oxygène; par le Dr Arthur Falloise (*Mémoires* in-8°, t. LX). Lecture du rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 25.
Roumanie. Voir *Météorologie*.

S

Saccharose. Sur la marche de l'inversion du saccharose par les acides minéraux dans ses rapports avec la nature et l'intensité des rayons lumineux; par G. Gillot, 863; rapports de MM. Spring et Henry, 794, 795.
Sauvetage (Appareil de). Voir *Billets cachetés*.
Schizophytes. Voir *Protoplasme*.
Sécrétion salivaire. Voir *Pression osmotique*.
Sédiments rapportés par la « Belgica » (*Mémoires*); par A.-F. Renard et H. Arctowski (lectures), 461.
Sérum de bœuf. Voir *Albumine*.
Silurien de la Belgique (État actuel de nos connaissances sur le); par C. Malaise (Note par l'auteur), 654.
Spa. Voir *Eaux*.
Stas et les lois des poids. Voir *Chimie*.
Station zoologique de Naples. Voir *Biologie*.
Sucre. Voir *Saccharose*.

T

Température. Voir *Respiration*
Tempête (*La*) du 13-14 février 1900; par A. Lancaster, 339.
Toluol. Voir *Dérivés*.
Transparence. Voir *Liquides*.
Tubes à vide (Stratifications dans les). Voir *Électricité*.

V

Verres. Sur l'illumination de quelques verres, par W. Spring, 1014.
Volatilité. Sur l'alternance de volatilité dans la série des diamines normales et primaires $(H_2N)CH_2-(CH_2)_n-CH_2(NH_2)$; par L. Henry, 795.

Z

Zinc-éthyle. Voir *Benzène*.
Zoologie. Voir *Biologie; Orthoptère; Poissons*.

TABLE DES PLANCHES ET DES FIGURES.

CESARO (G.). Perpendiculairement à un axe de symétrie, existe-t-il toujours une face possible? Un axe de symétrie est-il toujours une arête possible? (4 figures), 162, 165, 167, 175.

BULLOT (G.). Sur la physiologie de l'épithélium cornéen Imperméabilité relative à l'oxygène (5 figures et 1 planche), 905-948.

DE HEEN (P.). Rapprochement entre le mode de fonctionnement de la molécule radiante et le fonctionnement d'un tube de Crookes (5 figures), 150-152. Les oscillations électro-statiques produites indépendamment du phénomène de Hertz; induction électro-statique (5 figures et 1 photographie), 261-266, 270.

De la transparence de divers liquides pour les oscillations électro-statiques (1 figure), 381.

Constatation de quelques faits relatifs aux stratifications dans les tubes à vide et au spectre qu'ils présentent. Conjecture sur le mécanisme de ce phénomène (8 figures et 1 planche), 804-811.

DELACRE (M.). Étude de la synthèse du benzène par l'action du zinc-éthyle sur l'acétophénone (1 tableau), 68.

FOLIE (F.). Sur un phénomène d'optique atmosphérique observé à Grivegnée, le 20 décembre 1899 (1 figure), 9.

FREDERICQ (L.). Sur la cause de l'apnée (3 figures), 471-472. — La courbe diurne de la température des centres nerveux sudoripares fonctionnant sous l'influence de la chaleur (1 figure), 610.

GILLOT (H.). Sur la décomposition de l'oxalate neutre d'ammonium (2 figures), 751, 759. — Sur la marche de l'inversion du saccharose par les acides minéraux dans ses rapports avec la nature et l'intensité des rayons lumineux (3 figures), 866, 870.

HEMPTINNE (A. DE). Le magnétisme exerce-t-il une action sur l'intensité de la phosphorescence (2 figures)? 357, 358.

Le magnétisme exerce-t-il une influence sur les réactions chimiques (3 figures)? 532, 537.

JACQUÉ (LÉON). Le tracé de la pulsation artérielle chez le Chien (19 figures), 545-550.

KRAUSE (Dr R.) et PHILIPPSON (M.). Recherches sur la structure de la corne antérieure de la moelle du Lapin par la méthode des injections vitales de bleu de méthylène (3 figures), 849, 853, 856.

LANCASTER (ALB.). Variations des éléments météorologiques à Uccle pendant la tempête du 13 au 14 février 1900 (1 planche), 339.

NOTHOMB (Le baron MARCEL). Sur la dissociation du pentachlorure d'antimoine (1 figure et 2 planches), 553, 558.

SELYS LONGCHAMPS (MARC DE). Développement du cœur, du péricarde et des épicardes chez *Ciona intestinalis* (6 figures), 436-439.

VANDENBERGHE (AD.). Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous (11 figures), 210-215.

VAN DER MENSBRUGGHE (G.). Sur l'expérience inverse de celle du tonneau de Pascal (2 figures et 1 planche), 612, 615.

VINCENT (J.). A propos des cirques lunaires (1 planche), 769.

WAROUX (J.). Du tracé d'un fragment isolé du myocarde (10 myocardiagrammes), 12-16.

ERRATA.

Page 576, ligne 12, lisez : *16* avril, au lieu de : *14* avril.

Page 649, ligne 11, lisez : *Ch. Van Bambeke*, au lieu de : *Éd. Van Beneden*.

Page 789, ligne 1 (en remontant), lisez : Achille *Brachet*, au lieu de : Achille *Brachel*.

66-66

2044 091 131 383